

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Школа – Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки – 14.03.02 «Ядерная физика и технологии»

Отделение школы (НОЦ) – Отделение ядерно-топливного цикла

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Изучение влияния природно-климатических условий на значения вертикального коэффициента турбулентной диффузии</b>

УДК:551.510.535:628.518

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А6А	Яковлева Юлия Андреевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ ИЯТШ	Рыжакова Надежда Кирилловна	к.ф.-м.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШИП	И.В. Кащук	к.т.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЯТЦ ИЯТШ	Т.С. Гоголева	к.ф.-м.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Бычков Петр Николаевич	к.т.н.		

Томск – 2020 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (компетенции)
<b>Общекультурные компетенции</b>	
P1	Демонстрировать культуру мышления, способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения; стремления к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства; владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыки работы с компьютером как средством управления информацией; способность работы с информацией в глобальных компьютерных сетях.
P2	Способность логически, верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь; критически оценивать свои достоинства и недостатки, намечать пути и выбирать средства развития достоинств и устранения недостатков.
P3	Готовностью к кооперации с коллегами, работе в коллективе; к организации работы малых коллективов исполнителей, планированию работы персонала и фондов оплаты труда; генерировать организационно-управленческих решения в нестандартных ситуациях и нести за них ответственность; к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений; осуществлению и анализу исследовательской и технологической деятельности как объекта управления, осознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности
P4	Умение использовать нормативные правовые документы в своей деятельности; использовать основные положения и методы социальных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач, анализировать социально-значимые проблемы и процессы.
P5	Владеть одним из иностранных языков на уровне не ниже разговорного.
P6	Владеть средствами самостоятельного, методически правильного использования методов физического воспитания и укрепления здоровья, готов к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
<b>Общепрофессиональные</b>	
P7	Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.
<b>Профессиональные компетенции</b>	
P8	Владеть основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий; И быть готовым к оценке ядерной и радиационной безопасности, к оценке воздействия на окружающую среду, к контролю за соблюдением экологической безопасности, техники безопасности, норм и правил производственной санитарии, пожарной, радиационной и ядерной безопасности, норм охраны труда; к контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям, требованиям безопасности и другим нормативным документам; за соблюдением технологической дисциплины и обслуживанию технологического оборудования ; и к организации защиты объектов интеллектуальной собственности и результатов исследований и разработок как коммерческой тайны предприятия; и понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны).
P9	Уметь производить расчет и проектирование деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования; разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформление законченных проектно-конструкторских работ; проводить предварительного технико-экономического обоснования проектных расчетов установок и приборов
P10	Готовность к эксплуатации современного физического оборудования и приборов, к освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новых материалов, приборов, установок и систем; к наладке, настройке, регулировке и опытной проверке оборудования и программных средств; к монтажу, наладке, испытанию и сдаче в эксплуатацию опытных образцов приборов, установок, узлов, систем и деталей.
P11	Способность к организации метрологического обеспечения технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции; и к оценке инновационного потенциала новой продукции.

P12	Способность использовать информационные технологии при разработке новых установок, материалов и приборов, к сбору и анализу информационных исходных данных для проектирования приборов и установок; технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций; к составлению отчета по выполненному заданию, к участию во внедрении результатов исследований и разработок; и проведения математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований.
P13	Уметь готовить исходные данные для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе экономического анализа; использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области; и выполнять работы по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов.
P14	Готовность к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов; анализу затрат и результатов деятельности производственных подразделений; к разработки способов применения ядерно-энергетических, плазменных, лазерных, СВЧ и мощных импульсных установок, электронных, нейтронных и протонных пучков, методов экспериментальной физики в решении технических, технологических и медицинских проблем.
P15	Способность к приемке и освоению вводимого оборудования, составлению инструкций по эксплуатации оборудования и программ испытаний; к составлению технической документации (графиков работ, инструкций, планов, смет, заявок на материалы, оборудование), а также установленной отчетности по утвержденным формам; и к организации рабочих мест, их техническому оснащению, размещению технологического оборудования

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Школа – Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки (специальность) – 14.03.02 «Ядерная физика и технологии»

Отделение школы (НОЦ) – Отделение ядерно-топливного цикла

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г. П.Н. Бычков

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
0А6А	Яковлева Юлия Андреевна

Тема работы:

Изучение влияния природно-климатических условий на значения вертикального коэффициента турбулентной диффузии	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 59-91 от 28.02.2020 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Концентрации химических элементов в пробах мха, определенные НАА и АЭС.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Обзор литературы по теме исследования; Проведение регрессионного анализа результатов измерения концентраций химических элементов в образцах мхов-трансплантатов в зонах влияния ТЭЦ-5 и КрАЗ; Расчет и анализ вертикальных коэффициентов турбулентной диффузии.
<b>Перечень графического материала</b>	Электронная презентация в Power Point
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	доцент ОСГН ШИП И.В. Кащук
Социальная ответственность	ассистент ОЯТЦ ИЯТШ Т.С. Гоголева

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	15.02.2020
--	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ ИЯТШ	Рыжакова Надежда Кирилловна	к.ф.-м.н.		15.02.2020

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А6А	Яковлева Юлия Андреевна		15.02.2020

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
0А6А	Яковлева Юлия Андреевна

<b>Школа</b>	<b>ИЯТШ</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОЯТЦ</b>
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	14.03.02 Ядерная физика и технологии / Радиационная безопасность человека и окружающей среды

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды - 30%

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения НИ	Структура работ, определение трудоемкости, разработка графика проведения исследования
3. Составление бюджета НИ	Расчет бюджета затрат на выполнение НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности НИ	Интегральный финансовый показатель, интегральный показатель ресурсоэффективности, интегральный показатель эффективности.

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)**

1. «Оценка конкурентоспособности НИ
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта
4. Бюджет НИ
5. Основные показатели эффективности НИ

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	15.02.2020
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н доцент		15.02.2020

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
0А6А	Яковлева Юлия Андреевна		15.02.2020

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
0А6А	Яковлева Юлия Андреевна

Школа	ИЯТШ	Отделение (НОЦ)	ОЯТЦ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии/Радиационная безопасность человека и окружающей среды

Тема ВКР:

Изучение влияния природно-климатических условий на значения вертикального коэффициента турбулентной диффузии	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Обработка результатов измерения концентраций химических элементов в образцах мхов-трансплантатов на персональном компьютере.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> 1.1. Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства. 1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 24.04.2020);</li> <li>– СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.</li> </ul>
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте. 2.2. Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия вредных и опасных факторов.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– вредные факторы на рабочем месте (микроклимат, освещение, шумы, вибрации, электромагнитное излучение, психофизиологические нагрузки);</li> <li>– опасные факторы на рабочем месте (электрической природы).</li> </ul>
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– анализ влияния отходов производства ПЭВМ на окружающую среду;</li> <li>– утилизация и переработка электронных отходов.</li> </ul>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– анализ наиболее типичной ЧС на рабочем месте - пожар;</li> <li>– превентивные меры и порядок действий при возникновении ЧС.</li> </ul>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ИЯТШ ОЯТЦ	Гоголева Татьяна Сергеевна	к.ф.-м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А6А	Яковлева Юлия Андреевна		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа объёмом 99 страниц, 11 рисунков, 7 таблиц, 33 источник, 15 формул.

Ключевые слова: мелкодисперсные частицы выбросов промышленных предприятий, вертикальный коэффициент турбулентной диффузии, турбулентная атмосфера, диффузионно-конвективное уравнение переноса, метод мхов-трансплантатов, концентрации химических элементов в образцах мха, регрессионный анализ.

Объектом исследования являются концентрации химических элементов, определенные методами нейтронно-активационного анализа и атомно-эмиссионный спектрометрии в образцах мха *Pylaisia polyantha* (Hedw.).

Целью работы является изучение влияния природно-климатических условий на средние значения вертикального коэффициента турбулентной диффузии частиц выбросов промышленных предприятий.

В процессе работы изучена диффузионно-конвективная модель переноса загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы, изучены методы определения вертикального коэффициента турбулентной диффузии, проведен регрессионный анализ результатов измерения концентраций химических элементов в образцах мхов-трансплантатов, проведен расчет и анализ вертикальных коэффициентов турбулентной диффузии.

Исследование показало, что усредненные за несколько месяцев значения  $k_z$  возрастают с увеличением средней скорости ветра и степени неоднородности подстилающей поверхности. Выявленные для длительных промежутков времени закономерности хорошо согласуются с результатами, полученным при малых периодах наблюдения.

Полученные средние значения вертикального коэффициента турбулентной диффузии могут быть использованы для изучения и прогнозирования пространственного распределения загрязняющих веществ на исследуемых территориях.



## Оглавление

Введение.....	12
Глава I. Диффузионно-конвективная модель переноса и ее основные параметры.....	14
1.1. Диффузионно-конвективная модель переноса и ее основные параметры.....	14
1.2. Методы определения вертикального коэффициента турбулентной диффузии.....	16
1.3. Метод, основанный на использовании функции распределения загрязняющих веществ .....	22
Глава II. Регрессионный анализ результатов измерения концентраций химических элементов в образцах мхов-трансплантатов, размещенных в зоне влияния угольной ТЭЦ .....	25
2.1. Планирование эксперимента .....	25
2.2. Анализ результатов измерения концентраций химических элементов в образцах мхов .....	28
2.3. Распределения концентраций химических элементов в зоне влияния угольной ТЭЦ и алюминиевого завода.....	29
Глава III. Результаты оценок вертикального коэффициента турбулентной диффузии и их анализ .....	33
3.1. Основные показатели природно-климатических условий на исследуемой территории .....	33
3.2. Результаты расчета вертикального коэффициента турбулентной диффузии и их анализ.....	33
3.2.1. Результаты расчета средних значений вертикального коэффициента турбулентной диффузии в зоне влияния угольной ТЭЦ-5 (г.Новосибирск).....	34

3.2.2. Анализ расчета вертикального коэффициента турбулентной диффузии в зоне влияния алюминиевого завода (г. Красноярск) .....	35
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	38
Введение.....	38
4.1. Оценка коммерческого потенциала проводимого НИ .....	38
4.1.1. Анализ конкурентных технических решений.....	38
4.1.2. SWOT-анализ .....	40
4.2. Планирование НИР .....	43
4.2.1. Структура работ в рамках НИР .....	43
4.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения работ .....	44
4.3. Бюджет научного исследования .....	48
4.3.1. Материальные затраты на НИ .....	48
4.3.2. Расчет амортизации специального оборудования.....	49
4.3.3. Основная заработная плата.....	50
4.3.4. Дополнительная заработная плата.....	51
4.3.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	51
4.4. Определение ресурсной эффективности исследования.....	52
4.5. Выводы по разделу .....	54
5 Социальная ответственность .....	55
5.1. Введение .....	55
5.2. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	55
5.2.1 Правовые нормы трудового законодательства.....	55

5.2.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны инженера .....	56
5.3. Профессиональная социальная безопасность .....	58
5.3.1. Анализ вредных факторов. Обоснование мероприятий по защите инженера от их действия .....	59
5.3.2 Электробезопасность .....	62
5.4. Экологическая безопасность .....	64
5.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	66
Выводы по разделу «Социальная ответственность» .....	68
Заключение .....	70
Список использованных источников .....	71
Приложение А .....	75
Приложение Б .....	76
Приложение В .....	77
Приложение Г .....	78
Приложение Д .....	79
Приложение Е .....	80
Приложение Ж .....	81
Приложение З .....	82
Приложение И .....	83
Приложение К .....	84
Приложение Л .....	88
Приложение М .....	93
Приложение Н .....	97

## Введение

Загрязнение воздуха является одной из актуальных проблем экологического состояния атмосферы. В условиях форсированной урбанизации необходим мониторинг распространения загрязняющих веществ от высотных точечных источников. Изучение распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе является особенно важной задачей в настоящее время, так как необходимо производить оценку экологического состояния атмосферы. Турбулентная диффузия является главным транспортным механизмом переноса промышленных выбросов в приземном слое атмосферы. Характер распространения примеси в атмосфере существенно зависит от скорости ветра и вертикального температурного профиля атмосферы, который в свою очередь зависит от температуры воздушной массы и поверхности земли, влажности атмосферы, облачности и т.п [1]. Для анализа пространственного распределения мелкодисперсных частиц выбросов используется диффузионно-конвективная модель, которая может решить проблемы, связанные с переносом массы и тепла в турбулентной атмосфере.

Коэффициент вертикальной турбулентной диффузии  $k_z$  является одним из основных транспортных параметров этой модели, его можно охарактеризовать как функцию состояния атмосферы. Коэффициент турбулентной диффузии зависит от нескольких факторов: направления и скорости ветра, рельефа местности, неоднородности поверхности и атмосферной стратификации. Для моделирования турбулентной диффузии используют полуэмпирические формулы, полученные для определенных состояний атмосферы [1-7]. Поэтому моделирование турбулентности возможно только для небольших периодов наблюдения, когда состояние атмосферы можно считать постоянным [5-7]. Кроме того, результаты моделирования невозможно испытывать для прогнозирования загрязнения. С точки зрения изучения и прогнозирования пространственных распределений загрязняющих веществ, основной интерес представляют усредненные за длительные периоды значения вертикальных коэффициентов турбулентной диффузии.

Для оценки коэффициента вертикальной турбулентной диффузии для территорий с различными природными-климатическими условиями, при разных периодах наблюдения, были использованы угольная ТЭЦ (г. Новосибирск) и алюминиевый завод (г. Красноярск). В данной работе для использован полуэмпирический метод, основанный на математической обработке измеренных вдоль выбранного направления от точечного источника загрязнения функций распределения загрязняющих веществ, измеренных с помощью метода трансплантации мхов-биомониторов [10-20]. Планшеты с мхом *Pylaisia polyantha* были размещены в зонах влияния двух точечных источников – угольная ТЭЦ и алюминиевый завод. Концентрации химических элементов, накопленных за время экспозиции в образцах мха, были измерены с помощью нейтронно-активационного анализа и метода атомно-эмиссионной спектроскопии.

Целью работы является изучение влияния природно-климатических условий на средние значения вертикального коэффициента турбулентной диффузии частиц выбросов промышленных предприятий.

Поставленные задачи:

1. Изучить диффузионно-конвективную модель переноса загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы.
2. Сделать обзор литературы по моделированию вертикального коэффициента турбулентной диффузии.
3. Изучить метод оценки средних значений вертикального коэффициента турбулентной диффузии с помощью функции распределения загрязняющих веществ вдоль выбранного направления от точечного высотного источника.
4. Провести регрессионный анализ результатов измерения концентраций химических элементов в образцах мхов-трансплантатов.
5. Собрать и систематизировать информацию о природно-климатических условиях на исследуемых территориях.
6. Провести расчет и анализ средних значений вертикальных коэффициентов турбулентной диффузии.

## Глава I. Диффузионно-конвективная модель переноса и ее основные параметры

### 1.1 Диффузионно-конвективная модель переноса и ее основные параметры

Рассеивание примесей в атмосфере связано с атмосферной турбулентностью и происходит в основном за счет турбулентной диффузии.

Масштаб влияния источников выбросов условно подразделяют на три класса – локальный (в пределах десятков километров), региональный (от десятков до сотен километров), глобальный (от сотен до тысяч километров). В соответствии с этими моделями атмосферную диффузию классифицируют, как локальную, региональную или глобальную.

В общем случае рассматривается так называемая пассивная примесь, когда мелкодисперсные частицы не оказывают влияния на турбулентность. Как правило, пассивная примесь представляет собой газообразные, жидкие и твердые добавки в виде мелкодисперсного вещества, которое характеризуется полем концентрации. В практическом отношении нас интересуют газоаэрозольные примеси, которые в общем случае могут содержать целый ряд химических элементов.

Пространственное распределение средних концентраций, а также их изменение со временем описывается уравнением атмосферной диффузии [3]:

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \sum_{i=1}^3 u_i \frac{\partial q}{\partial x_i} = \sum_{i=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_i} k_i \frac{\partial q}{\partial x_i} - \alpha q, \quad (1.1)$$

где  $q$  – средняя концентрация примеси;  $t$  – время;  $x_i$  – координаты;  $u_i$  и  $k_i$  – составляющие средней скорости перемещения примеси и коэффициента обмена, относящиеся к направлению оси  $x_i$  ( $i = 1, 2, 3$ );  $\alpha$  – коэффициент, определяющий изменение концентрации за счет превращения примеси.

Обычно в ДСК оси  $x_1, x_2$ , расположенные в горизонтальной плоскости, обозначают через  $x$  и  $y$ , а вертикальную ось  $x_3$  – через соответственно  $u_1 \equiv u$ ,  $u_2 \equiv v$ ,  $u_3 \equiv w$ ,  $k_1 \equiv k_x$ ,  $k_2 \equiv k_y$ ,  $k_3 \equiv k_z$ .

Уравнение (1.1) можно переписать в виде:

$$\frac{\partial q}{\partial t} + u \frac{\partial q}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} + w \frac{\partial q}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left( k_x \frac{\partial q}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( k_y \frac{\partial q}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( k_z \frac{\partial q}{\partial z} \right) - \alpha q \quad (1.2)$$

При решении практических задач уравнение (1.2) может принимать ряд упрощений. Так, если ось  $x$  ориентирована по направлению средней скорости ветра, то  $v = 0$ . В случае тяжелой примеси  $w$  входит в уравнение со знаком минус. При наличии ветра можно пренебрегать членом с  $k_x$ , учитывающим диффузию по оси  $x$ , поскольку в этом направлении диффузионный поток примеси значительно меньше конвективного.

При решении некоторых задач в принципе существенно сохранение в (1.2) нестационарного члена  $\frac{\partial q}{\partial t}$ , но так как мы изучаем средние концентрации за довольно большие интервалы времени, то  $\frac{\partial q}{\partial t}$  полагаем равным нулю.

Таким образом, исходное уравнение (1.2) сводится к обычно используемому уравнению атмосферной диффузии:

$$u \frac{\partial q}{\partial x} - w \frac{\partial q}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} k_z \frac{\partial q}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial y} k_y \frac{\partial q}{\partial y} - \alpha q. \quad (1.3)$$

Строго говоря, выбросы в атмосферу осуществляются от объемных источников. Однако, если размеры источников малы, по сравнению с расстояниями, на которые перемещаются примеси, то можно считать источники точечными.

Мы не учитываем превращение примеси, поэтому берем  $\alpha = 0$ . При наличии точечного источника с координатами  $x = 0, y = 0, z = H$  в качестве граничного условия принимается:

$$uq = M\delta(y)\delta(z - H) \text{ при } x = 0, \quad (1.4)$$

где  $M$  – выброс вещества от источника в единицу времени;  $\delta(\xi)$  – дельта-функция.

Граничные условия на бесконечном удалении от источника принимаются в соответствие с естественным предположением о том, что концентрация убывает до нуля.

С поверхностью почвы примеси обычно слабо взаимодействуют. Попав на нее, примеси не накапливаются, а с турбулентными вихрями снова уносятся в

атмосферу. Поэтому с достаточной точностью принимают, что средний турбулентный поток примеси у земной поверхности мал, то есть при  $z=0$ :

$$k_z \frac{\partial q}{\partial z} = 0$$

Отметим, что коэффициентом молекулярной диффузии из-за его малости пренебрегают:

$$k_y \frac{\partial q}{\partial y} \Big|_{z=0} = 0$$

## **1.2 Методы определения вертикального коэффициента турбулентной диффузии**

Для определения вертикальной составляющей коэффициента турбулентности  $k_z$  в зависимости от основных действующих факторов было проведено много исследований. Широкую известность получили работы по построению моделей для определения коэффициента обмена и распределения метеорологических элементов с учетом устойчивости в приземном слое воздуха, выполненные Обуховым (1946), Будыко (1948), Мониным и Обуховым (1954) [3].

Определение коэффициента вертикальной диффузии выбросов промышленных предприятий в приземном слое атмосферы непосредственно на заданной высоте  $z$  может осуществляться на формуле Сольберга [4]:

$$k_z = \frac{R_n r}{\left(\frac{d\sigma(z)}{dz}\right)^2}, \quad (1.5)$$

где  $R_n$  – нормальная составляющая силы внутреннего трения атмосферных потоков;  $\sigma(z)$  – длина дуги годографа количества движения атмосферного воздуха, отсчитываемая от точки, соответствующей уровню земли;  $z$  – высота от поверхности земли, на которой определяется коэффициент вертикальной диффузии выбросов промышленных предприятий в приземном слое атмосферы;  $r$  – радиус кривизны годографа.

Чтобы применить формулу Сольберга, измерения должны проводиться при изменении скорости ветра, плотности воздуха и атмосферного давления.



Недостатки способа:

1. Измерения скорости ветра, атмосферного давления и плотности воздуха производят на основе большой серии (не менее трех) шаропилотных наблюдений. Данные измерения являются трудоемкими и дорогостоящими процессами.

2. Значения коэффициента вертикальной диффузии выбросов промышленных предприятий в приземном слое атмосферы характеризуют определенные атмосферные состояния, когда скорость ветра, плотность воздуха и атмосферное давление, измеренные на разных высотах, можно считать постоянными величинами. Это условие выполняется только при относительно малых периодах наблюдения.

3. Коэффициент вертикальной диффузии выбросов промышленных предприятий в приземном слое атмосферы, определяемый данным методом, имеет большую погрешность, поскольку он выражается через производную от функции  $\sigma(z)$ , которая определяется по измеряемым на основе экспериментально измеренных скоростей ветра и плотности воздуха на разных высотах.

Также непосредственно на заданной высоте  $z$  коэффициент вертикальной диффузии выбросов промышленных предприятий в приземном слое атмосферы можно определить по формуле [5]:

$$k_z = B(\varepsilon, z_0) z_1 u_z \left( \frac{z}{z_1} \right)^{1-\varepsilon}, \quad (1.6)$$

где  $B(\varepsilon, z_0)$  – табулированная в зависимости от параметров  $\varepsilon$  и  $z_0$  функция;  $\varepsilon$  – параметр, характеризующий температурную стратификацию атмосферы;  $z_0$  – параметр шероховатости, зависящий от рельефа местности;  $z_1$  – высота от поверхности земли и обычно равная 1 м;  $u_1$  – скорость ветра на высоте  $z_1$ .

Чтобы применить формулу (1.6) необходимо измерить скорость ветра на высоте  $z_1$  а также с помощью шаропилотных наблюдений определить температурный градиент на основе измерений температуры на разных высотах.

Основные недостатки этого метода:

1. Существуют значительные трудности в определении параметра  $z_0$ . Данные по этой величине, представленные в литературе для определенных типов рельефа, имеют значительный разброс. Кроме того, реальная местность имеет обычно сложный рельеф, который трудно отнести к какому-либо конкретному типу.

2. Полученные значения коэффициента вертикальной диффузии выбросов промышленных предприятий в приземном слое атмосферы характеризуют вполне определенное состояние атмосферы и не могут быть использованы для других, быстро меняющихся условий.

Существует ряд способов, при которых для определения коэффициента  $k_z$  используется коэффициент вертикальной диффузии на единичном уровне. Так, например, согласно М. И. Будыко в приземном слое атмосферы [3]:

$$k_z = k_{1p} \frac{z}{z_1} \sqrt{1 - \bar{R}_l}, \quad (1.7)$$

где  $k_{1p}$  – значение  $k_z$  на единичной высоте  $z_1$  при равновесных условиях;  $\bar{R}_l$  – среднее по пограничному слою значение числа Ричардсона:

$$R_l = \frac{g * \frac{\partial T}{\partial z}}{T_a \left( \frac{\partial u}{\partial z} \right)^2}$$

где  $T$  – температура воздуха в градусах;  $T_a$  – температура в абсолютной шкале;  $g$  – ускорение силы тяжести.

При логарифмическом распределении скорости ветра и температуры в приземном слое воздуха (1.7) принимает вид:

$$k_z = k_{1p} \frac{z}{z_1} \sqrt{1 - \frac{hg}{T_a} * \frac{\ln^2 \frac{z_1}{z_0}}{\ln \frac{z_3}{z_2}} * B}, \quad (1.8)$$

где  $B$  – параметр устойчивости, введенный М.И. Будыко,  $B = \frac{\delta T}{u_1^2}$ ;

$$k_{1p} = \frac{\chi^2 u_1}{\ln \frac{z_1}{z_0}} * \sqrt{1 - \bar{R}_l},$$

где  $u_1$  – скорость ветра на высоте  $z_1$ ,  $\delta T$  – разность температур на высотах  $z_3$  и  $z_2$ ;  $z_0$  – шероховатость подстилающей поверхности;  $\chi$  – безразмерный

коэффициент, называемый аэродинамической постоянной Кармана; по наблюдениям в аэродинамических трубах  $\chi=0,38...0,4$ ;  $h$  – высота приземного слоя атмосферы, не имеет однозначного значения и изменяется в достаточно широких пределах в зависимости от термической стратификации, величины скорости ветра, а также от шероховатости поверхности.

При равновесном состоянии, когда  $B$  приблизительно равно 0, формула (1.8) переходит в формулу Россби и Монтгомери:

$$k_z = k_{1p} \frac{z}{z_1}.$$

Д. Л. Лайхтман, в свою очередь, также разработал способ определения коэффициента  $k_z$  при помощи коэффициента пропорциональности вертикальной диффузии. Согласно его теории, влияние термических факторов на турбулентность в приземном слое атмосферы сказывается на законе изменения коэффициента турбулентности с высотой: чем более неустойчиво состояние атмосферы, тем быстрее растет с высотой коэффициент турбулентности. По Д.Л. Лайхтману [5]:

$$k_z = k_{1p} * \left(\frac{z}{z_1}\right)^{1-\varepsilon} \quad (1.9)$$

где  $\varepsilon$  – параметр устойчивости, меняющийся в пределах от  $-0,5$  до  $+0,5$ . Для равновесного слоя ( $\Delta T=0$ )  $\varepsilon=0$ , и формула (1.9) превращается в линейный закон изменения коэффициента турбулентности с высотой:

$$\frac{k_z}{k_z} = \frac{z}{z_1}.$$

При неустойчивом состоянии приземного слоя  $\varepsilon < 0$ , и тогда коэффициент турбулентности растет с высотой быстрее, чем по линейному закону. Наоборот, при устойчивом состоянии  $\varepsilon > 0$  и коэффициент турбулентности растет с высотой медленнее, чем при равновесном состоянии.

Для вычисления коэффициента турбулентности на единичном уровне ( $z_I=1$ м) Д.Л. Лайхтман получил формулу:

$$k_1 = \chi^2 z_0^{2\varepsilon} \frac{\varepsilon u_1}{1-z_0^\varepsilon} z_1.$$

Наибольший интерес представляет ряд способов определения коэффициента вертикальной диффузии выбросов промышленных предприятий в приземном слое атмосферы, основанный на формуле:

$$k_z = k_{\text{пр}} z, \quad (1.10)$$

где  $k_{\text{пр}}$  – коэффициент пропорциональности вертикальной диффузии, определяемый расчетным способом по измеряемым на опыте величинам;  $z$  – высота от поверхности земли, на которой определяется коэффициент вертикальной диффузии выбросов промышленных предприятий в приземном слое атмосферы.

Этот интерес вызван тем, что, зная коэффициент пропорциональности  $k_{\text{пр}}$ , можно легко и быстро рассчитать коэффициент вертикальной диффузии  $k_z$  на любой высоте приземного слоя атмосферы.

Разные авторы предлагают различные варианты вычисления коэффициента пропорциональности.

При изотермии, то есть при термически равновесном состоянии приземного слоя, когда интенсивность турбулентного перемешивания зависит лишь от динамических факторов, механизм турбулентности в этом слое аналогичен наблюдаемому в аэродинамических трубах. Поэтому к нему может быть применена разработанная немецким ученым-аэродинамиком Л. Прандтлем полуэмпирическая теория турбулентности. В соответствии с этой теорией [3, 4] коэффициент турбулентности в приземном слое атмосферы может быть выражен в виде:

$$k_1 = \frac{\chi^2(u_2 - u_1)}{\ln \frac{z_2}{z_1}}$$

где  $u_1$  и  $u_2$  – скорости ветра, измеренные на двух высотах  $z_2$  и  $z_1$  соответственно.

Согласно этой теории при равновесном состоянии приземного слоя в нем должен иметь место логарифмический закон возрастания ветра с высотой, т.е. скорость ветра должна увеличиваться пропорционально логарифму высоты, и,

следовательно, разность скоростей ветра на двух высотах должна быть пропорциональна разности логарифмов этих высот.

По Моницу и Обухову, коэффициент пропорциональности выглядит следующим образом:

$$k_{\text{пр}} = \frac{\chi^2 u_*}{1 + \beta_* \xi},$$

где  $u_* = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}}$  – динамическая скорость,  $\xi = \frac{z}{L_*}$ ,  $\tau_0$  – напряжение трения,  $\rho$  – плотность воздуха,  $L_* = \frac{c_p \rho T_a u_*^3}{g P_T \chi} L_* = \frac{c_p \rho T_a u_*^3}{\chi g P_T}$  – масштаб длины,  $P_T$  – поток тепла,  $g$  – ускорение силы тяжести,  $c_p$  – удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении,  $\beta_*$  – эмпирическая постоянная.

Условия  $\xi > 0$  соответствуют устойчивому состоянию, а  $\xi < 0$  – неустойчивому.

Основные недостатки способов определения коэффициента  $k_z$  по формуле (1.7) через коэффициент пропорциональности вертикальной диффузии  $k_{\text{пр}}$ :

1. Полученные данным способом значения коэффициента вертикальной диффузии выбросов промышленных предприятий в приземном слое атмосферы характеризуют вполне определенное состояние атмосферы и не могут быть использованы для других, быстро меняющихся условий.

2. При расчете коэффициента вертикальной диффузии выбросов промышленных предприятий в приземном слое атмосферы для неустойчивых состояний атмосферы возникают трудности, связанные с определением параметра шероховатости  $z_0$ , так как рельеф местности, как правило, трудно отнести к какому-либо одному типу.

3. Высота приземного слоя атмосферы  $h$  не имеет однозначного значения, так как изменяется в достаточно широких пределах в зависимости от термической стратификации атмосферы, величины скорости ветра, а также шероховатости земной поверхности. Поэтому при различных условиях значение толщины приземного слоя атмосферы  $h$  изменяется от 50 до 250 м.

4. Способ расчета, предлагаемый Мониным и Обуховым, сложен и трудоемок за счет таких неоднозначных величин, как динамическая скорость, масштаб длины, при определении которых также возникают большие трудности. Использование эмпирической постоянной  $\beta_*$ , в свою очередь, может приводить к искажению конечного результата расчета  $k_z$ .

Подводя итоги, можно сказать, что определение коэффициента вертикальной диффузии выбросов промышленных предприятий основаны на измерении быстро меняющихся величин, характеризующих состояние атмосферы, и поэтому могут быть использованы лишь для расчета разовых концентраций. Кроме того, имеются существенные трудности при учете рельефа местности.

### **1.3 Метод, основанный на использовании функции распределения загрязняющих веществ**

Как было написано ранее, задача прогноза загрязнения воздуха сводится к решению уравнения диффузионно-конвективного переноса. Решением данного уравнения является формула зависимости концентрации загрязняющей примеси в воздухе на расстоянии  $x$  от источника выбросов.

Уравнение, описывающее перемещение примеси вдоль направления  $x$ , имеет вид [4]:

$$u \frac{\partial q}{\partial x} + V_g \frac{\partial q}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} k_z \frac{\partial q}{\partial z}, \quad (1.11)$$

где  $q$  – средние значения концентраций примеси в приземном слое атмосферы на расстоянии  $x$  от источника загрязнения;  $u$  – скорость ветра в направлении оси  $x$ ;  $V_g$  – скорость гравитационного оседания частиц примеси;  $k_z$  – вертикальный коэффициент турбулентной диффузии.

Это уравнение учитывает турбулентную диффузию в вертикальном направлении, характеризующуюся коэффициентом диффузионного обмена  $k_z$ , перемещением по ветру в направлении оси  $x$  со скоростью  $u$  и гравитационным осаждением со скоростью  $w$ .

Из аналитического решения диффузионно-конвективного уравнения для точечных высотных источников следует, что функциональная зависимость средних приземных концентраций примеси от расстояния от точечного высотного источника с учетом фоновых концентраций  $q_\phi$  имеет вид [1,5]:

$$q(x) = \theta_1 x^{\theta_2} \exp\left(-\frac{\theta_3}{x}\right) + q_\phi, \quad (1.12)$$

$x$  – расстояние от источника загрязнения,  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  и  $\theta_3$  – эмпирические параметры.

Зависимость (1.12) использована для регрессионного анализа концентраций химических элементов в мхах.

В предположении о том, что скорость ветра и вертикальный коэффициент турбулентной диффузии заданы степенными функциями, для параметра  $\theta_3$  может быть записано следующее выражение [3]:

$$\theta_3 = \frac{u_1 \left(\frac{H}{z_1}\right)^n H}{(1+n)^2 k_{\text{пр}}}, \quad (1.13)$$

где  $H$  – высота трубы источника загрязнения;  $n$  – параметр, характеризующий изменение скорости ветра с высотой  $z$ :  $u_z = u_1 \left(\frac{z}{z_1}\right)^n = u_{\text{пр}}(z)^n$ ;  $u_1$  – скорость ветра на высоте  $z_1$ ;  $k_{\text{пр}}$  – коэффициент пропорциональности вертикальной диффузии:  $k_z = k_1 \left(\frac{z}{z_1}\right)^m = k_{\text{пр}}(z)^m$ , где  $k_1$  – коэффициент вертикальной диффузии на высоте  $z_1$ ;  $m$  – параметр, характеризующий изменение коэффициента вертикальной диффузии с высотой  $z$  (обычно  $m = 1$ ).

При вычислении значения коэффициента вертикальной турбулентной диффузии по формуле (1.13) используется его параметризация в виде:

$$k_z = k_1 \frac{h}{z_1} = k_{\text{пр}} z, \quad (1.14)$$

где  $k_1$  – коэффициент вертикальной диффузии на высоте  $z_1$ ,  $z$  – высота, для которой вычисляется коэффициент вертикальной диффузии,  $k_{\text{пр}}$  – параметр, который зависит от шероховатости и температурной неоднородности подстилающей поверхности, от конвективных потоков и дисперсного состава

примеси. Коэффициентом молекулярной диффузии в формуле (1.14) пренебрегаем.

Из выражения (1.13) выходит формула для расчета коэффициента турбулентной диффузии:

$$k_{\text{пр}} = \frac{u_1 \left(\frac{H}{Z_1}\right)^n H}{(1+n)^2 \theta_3}. \quad (1.15)$$



## **Глава II. Регрессионный анализ результатов измерения концентраций химических элементов в образцах мхов-трансплантатов, размещенных в зоне влияния угольной ТЭЦ**

### **2.1 Планирование эксперимента**

Для изучения влияния природно-климатических условий на среднее значение коэффициента вертикальной турбулентной диффузии был использован полуэмпирический метод, основанный на математической обработке измеренных вдоль выбранного направления от точечного высотного источника загрязнения функций распределения загрязняющих веществ, содержащихся в выбросах предприятий. Для эксперимента были использованы угольная ТЭЦ (г. Новосибирск) и алюминиевый завод (г. Красноярск).

Предварительно изготовленные планшеты были размещены по мере удаления от исследуемых объектов в выбранных направлениях. Выбор направления обусловлен в первую очередь отсутствием крупных источников загрязнений, а также возможностью размещения планшетов на стволах деревьев. Планшеты прикрепляли к коре тополей и берез на высоте 1,5 м от земли. В Новосибирске в каждой точке разместили по 4 образца, а в Красноярске по 6 образцов. Длительность экспозиции образцов представлена в таблице 1.

Таблица 2.1 – Экспозиция мхов-трансплантатов

Новосибирск, ТЭЦ-5		Красноярск, КрАЗ	
Дата периода экспозиции	Количество дней	Дата периода экспозиции	Количество дней
20.08.17-28.10.17	10 недель /~ 2,5 месяцев	09.09.17-14.11.17	8,5 недель /~ 2 месяцев
20.08.17- 05.05.18	37 недель /~ 8 месяцев	09.09.17- 01.05.18	33 недель /~ 8 месяцев
-	-	09.09.17- 18.08.18	49 недель /~ 11 месяцев

По окончании периода экспозиции мхи-трансплантаты снимали, помещая каждый образец в отдельный полиэтиленовый пакет.

Схемы размещения планшетов в зонах влияния ТЭЦ-5 и КрАЗ представлены на рисунках 1 и 2:

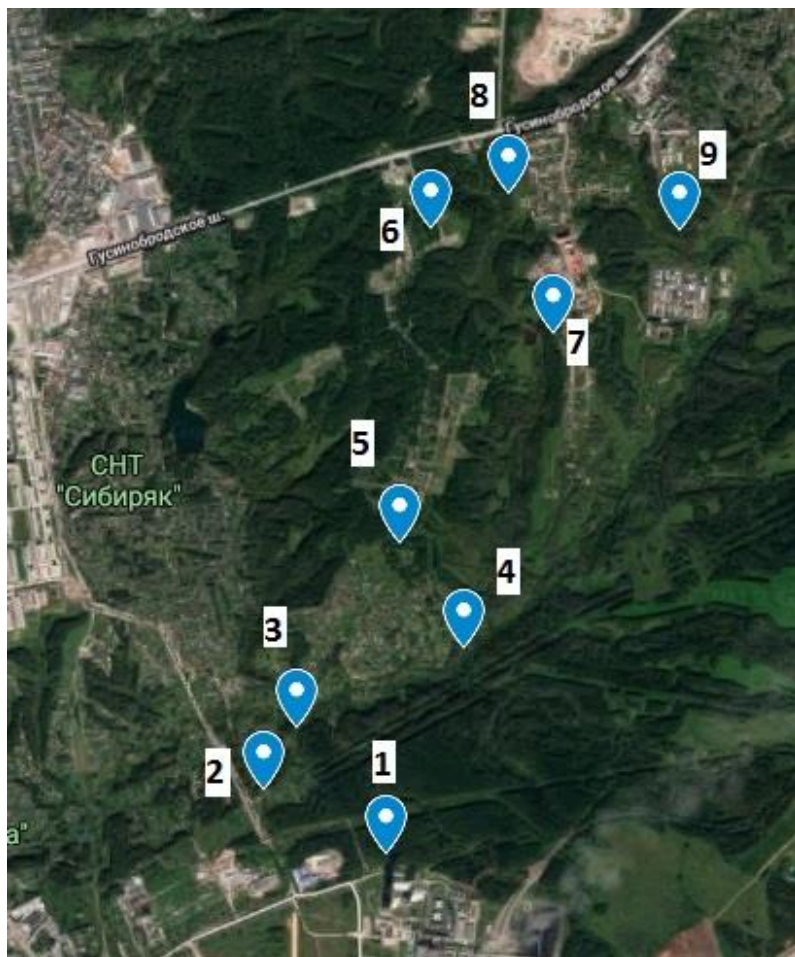


Рисунок 2.1 – Расположение точек размещения мхов-трансплантатов в непосредственной близости от ТЭЦ-5, г. Новосибирск

Для Новосибирской ТЭЦ-5 планшеты размещали в северном направлении на расстояниях: 1 – 0,75 км, 2 – 1,270 км, 3 – 1,35 км, 4 – 1,85 км, 5 – 2,5 км, 6 – 3,6 км, 7 – 4,15 км, 8 – 4,5 км и 9 – 5 км.

В Красноярске 7 планшетоов размещали в северном направлении на расстояниях: 1 – 1 км, 2 – 2,3 км, 3 – 3,6 км, 4 – 5,4 км, 7 – 11,3 км, 5 – 12,2 км и 6 – 15,5 км, а три планшета в северо-западном направлении на расстояниях: 8 – 3,6 км, 9 – 5,4 км и 10 – 6,8 км.

Пробоподготовка мхов-трансплантатов к измерениям была проведена в соответствии с методикой [20]. Определение содержания химических элементов в образцах мха проведено в научных подразделениях Томского политехнического университета: нейтронно-активационным методом (НАА) на исследовательском ядерном реакторе ИРТ-Т и методом атомно-эмиссионной

спектрометрии (АЭС) на спектрометре iCAP6300 Duo научно-аналитического центра [25].

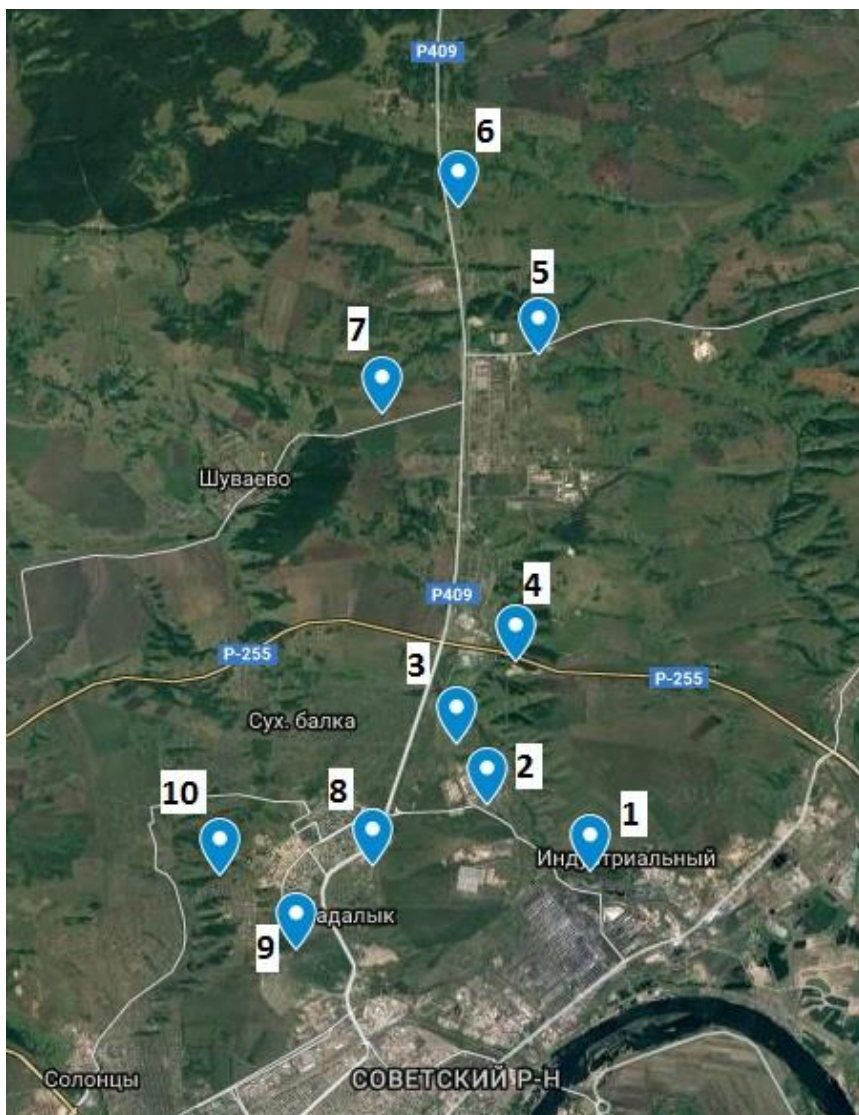


Рисунок 2.2 – Расположение точек размещения мхов-трансплантатов в непосредственной близости от алюминиевого завода (КрАЗ), г. Красноярск

При помощи атомно-эмиссионного спектрального анализа были исследованы 23 образца, включая фоновый. Измерение проводили по двум параллельным пробам. В каждой пробе было определено содержание 21 химического элемента – *Al, Ag, B, Ba, Be, Bi, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mg, Mn, Pb, Sn, Si, Sr, Ti, V, W, Zr*.

При помощи нейтронно-активационного анализа из-за недостатка материала исследовано 12 образцов, включая фоновый. Первые семь проб – это образцы, отобранные в северном направлении, оставшиеся четыре – в юго-

западном. В каждой пробе было определено содержание 22 химических элементов – *Sm, Mo, Ce, Ca, Lu, U, Tb, Th, Cr, Yb, Hf, Ba, Sr, Nd, Br, As, Sb, Cs, Sc, Rb, Fe, Zn, Ta, Co, Na, Eu, K, La*.

Для анализа результатов измерения проведено усреднение концентраций загрязняющих веществ для каждой точки по выборке параллельных проб.

## **2.2. Анализ результатов измерения концентраций химических элементов в образцах мхов**

На основе результатов атомно-эмиссионного спектрального и нейтронно-активационного анализов мхов-трансплантатов, размещенных в зоне влияния угольной ТЭЦ-5, были сделаны следующие выводы:

- Концентрации Ba, Mg, Mn, Li, W, Bi, Sr, Li, Ca, Tb, Th, Cr, Ba, Nd, Br, Rb, Fe, Co, Na, Eu, La (для экспозиций 2,5 и 8 месяцев) в пределах погрешности не превышают диапазона фоновых значений, за исключением отдельных точек [20].
- Максимальные концентрации Ce, Yb, Hf, Sr, As, Cs, Sc, Zn возросли с увеличением периода экспозиции в 2-8 раз.
- Концентрации Rb, Sb, Sr, Sc, La, Co, Ba, K, Hf, Fe и Cr во мхах, размещенных в ближней зоне предприятия, значительно превышают фоновые значения, что объясняется загрязнением данной территории технологической пылью, обусловленной погрузно-разгрузочными работами и транспортировкой угля. Поэтому концентрации вышеперечисленных элементов, полученные для 0,75 км, не учитывались при проведении регрессионного анализа результатов измерения.
- Обнаружены высокие концентрации Ta, Sc, Co, K, Zn, Hf, Eu, Fe, Lu, Na, Cr, Ce и Th в точках, наиболее удаленных от источника загрязнения. Этот результат объясняется расположенной вблизи этих точек автомагистрали с интенсивным движением. Поэтому концентрации вышеперечисленных элементов, полученные на расстояниях от 4,1 до 5 км, не учитывались при проведении регрессионного анализа результатов измерения.

На основе атомно-эмиссионного спектрального и нейтронно-активационного анализов мхов-трансплантатов, размещенных в непосредственной близости от алюминиевого завода (КрАЗ) были сделаны следующие выводы:

- Концентрации Lu, Br, Ba, Yb, Ca, Mo, Rb, Sr, As, Cs, Sm, Hf и La в пределах погрешности не превышают фоновых значений, за исключением отдельных точек. Концентрации Ce, U, Fe, Zn, Th, Eu, Cr, Sc, La, Ta, Co и Sb для экспозиции, равной 2 месяцам, также находятся в пределах фонового диапазона, в отличие от экспозиции в 8 и 11 месяцев [20].
- Концентрации таких элементов как Hf, Cr, Cs, As, Lu и Sb в ближней зоне предприятия (на расстоянии 1 км) значительно превышают фоновые значения, что объясняется загрязнением данной территории технологической пылью. Поэтому концентрации вышеперечисленных элементов, полученные для расстояния 1 км, не учитывались при проведении регрессионного анализа результатов измерения.
- Концентрации Ta, Sb, Co, Th, Sc, Cr, Na, Eu, Tb, Fe, Ta, K, La, Sb в точках, наиболее удаленных от основного источника загрязнения, значительно превышают фоновый диапазон. Скорее всего, этот результат связан с большой долей легких фракций в выбросах КрАЗ, перемещающихся на большие расстояния. Поэтому концентрации, полученные на расстояниях свыше 5,4 км, не учитывались при проведении регрессионного анализа результатов измерения [28].

### **2.3 Распределения концентраций химических элементов в зоне влияния угольной ТЭЦ и алюминиевого завода**

#### **Угольная ТЭЦ-5 (Новосибирск)**

Для всех элементов, концентрации которых были выше фоновых значений (As, Ce, Lu, Th, Cr, Hf, Br, Fe, Sc, Ta, Co, Na, Eu, K, Sb, Zn) построены пространственные распределения химических элементов в зависимости от расстояния от источника по формуле (6) [20]. На рис 2.3 в качестве примера

приведены данные о концентрациях результаты регрессионного анализа для Yb и Sb.

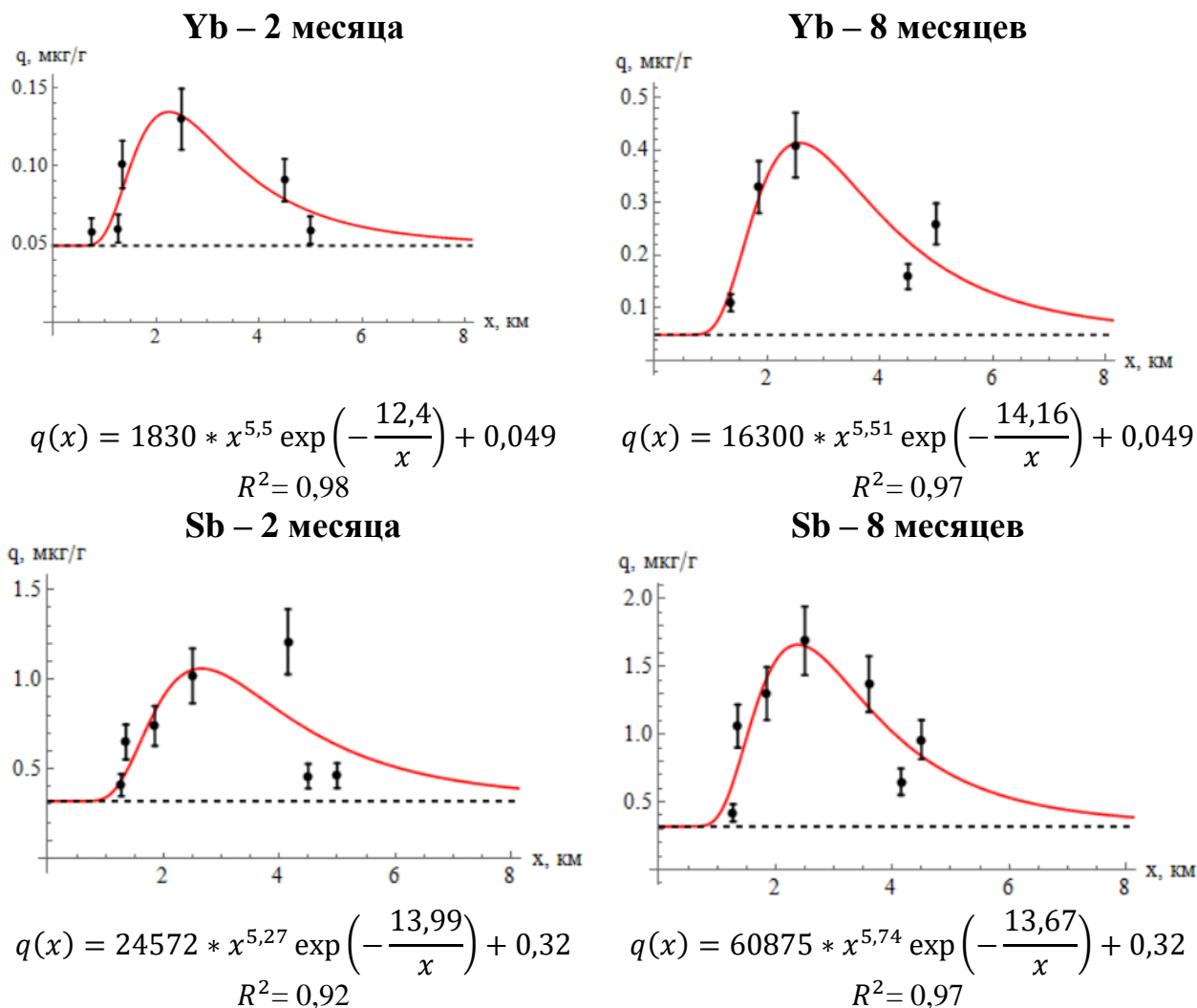


Рисунок 2.3 – Концентрации химических элементов во мхах, отобранных в зоне влияния угольной ТЭЦ; горизонтальная прямая – фоновые концентрации; сплошная кривая – регрессионная зависимость (1.12)

В ходе анализа полученных распределений были сделаны следующие выводы:

- Максимальные концентрации As, Se, Lu, Th, Cr (для экспозиции 8 месяцев), Hf, Br, Fe, Sc, Ta, Co, Na, Eu, K, Sb, Zn в зоне влияния ТЭЦ-5 превышают фоновые значения в среднем в 2-6 раз.
- Для таких элементов как Th, Co, Cr, Sc, Eu, Lu и Zn с увеличением времени экспозиции все отчетливее проявляется типичная для точечных высотных

источников и монодисперсных выбросов зависимость, выраженная формулой (1.12).

- Расстояния, на которых наблюдаются максимальные уровни загрязнения, различаются в зависимости от элементов. Так, максимальные концентрации Zn, U, Co, Sb, Na, Hf, Eu и Br наблюдаются на расстоянии около 1,5-2 км от ТЭЦ-5, максимальные концентрации As, Lu и Fe на расстояниях около 2-2,5 км, а максимальные концентрации Th, Ce, Sc, K и Cr на расстояниях около 2,5-3 км от ТЭЦ-5. Разное положение максимума объясняется полидисперсным составом выбросов предприятия, содержащих те или иные химические элементы.
- Концентрации As, Ta, Sb, K, Hf, Br, U и Fe для разных периодов экспозиции в пределах погрешности осталась практически неизменной. Возможно, накопление этих элементов характеризуется насыщением, которое достигается за период не более 2-х месяцев.

#### **Алюминиевый завод (Красноярск)**

Были построены пространственные распределения концентрация химических элементов в зависимости от расстояния от точечного высотного источника для элементов: U, Fe, Zn, Eu, Cr, Sc, Ta, Co, Sb, Th, La, время экспозиции 8 и 11 месяцев.

- С увеличением экспозиции концентрации многих элементов (U, Fe, Zn, Eu, Cr, Sc, Ta, Co, Ce, Sb, Tb и Th) увеличиваются, и все отчетливее проявляется типичная для точечных высотных источников и монодисперсных выбросов зависимость, выраженная формулой (6).
- Расстояния, на которых наблюдаются максимальные уровни загрязнения, различаются в зависимости от элементов. Так, максимальные концентрации Th и Tb наблюдаются на расстояниях около 3,5-4 км от КрАЗ, максимальные концентрации U, Fe, Zn, Cr, Co, Ce, K, Sc и Eu наблюдаются на расстояниях около 4-4,5 км от КрАЗ, максимальные концентрации Ta на расстояниях около 4,5-5 км, а максимальные концентрации Sb наблюдаются на расстояниях около 7,5 км от КрАЗ.



Разные расстояния для максимальных концентраций объясняется полидисперсным составом выбросов.

- Концентрации Ce, U, Fe, Zn, Th, Eu, Cr, Sc, Ta, Co, Se, Sb в период экспозиции равный 2 месяцам находится в пределах фонового диапазона. Наблюдается значительная динамика накопления в сравнении экспозиции, равных 2 и 8 месяцев.

На рис 2.4 в качестве примера приведены данные о концентрациях результаты регрессионного анализа для Be и Ti .

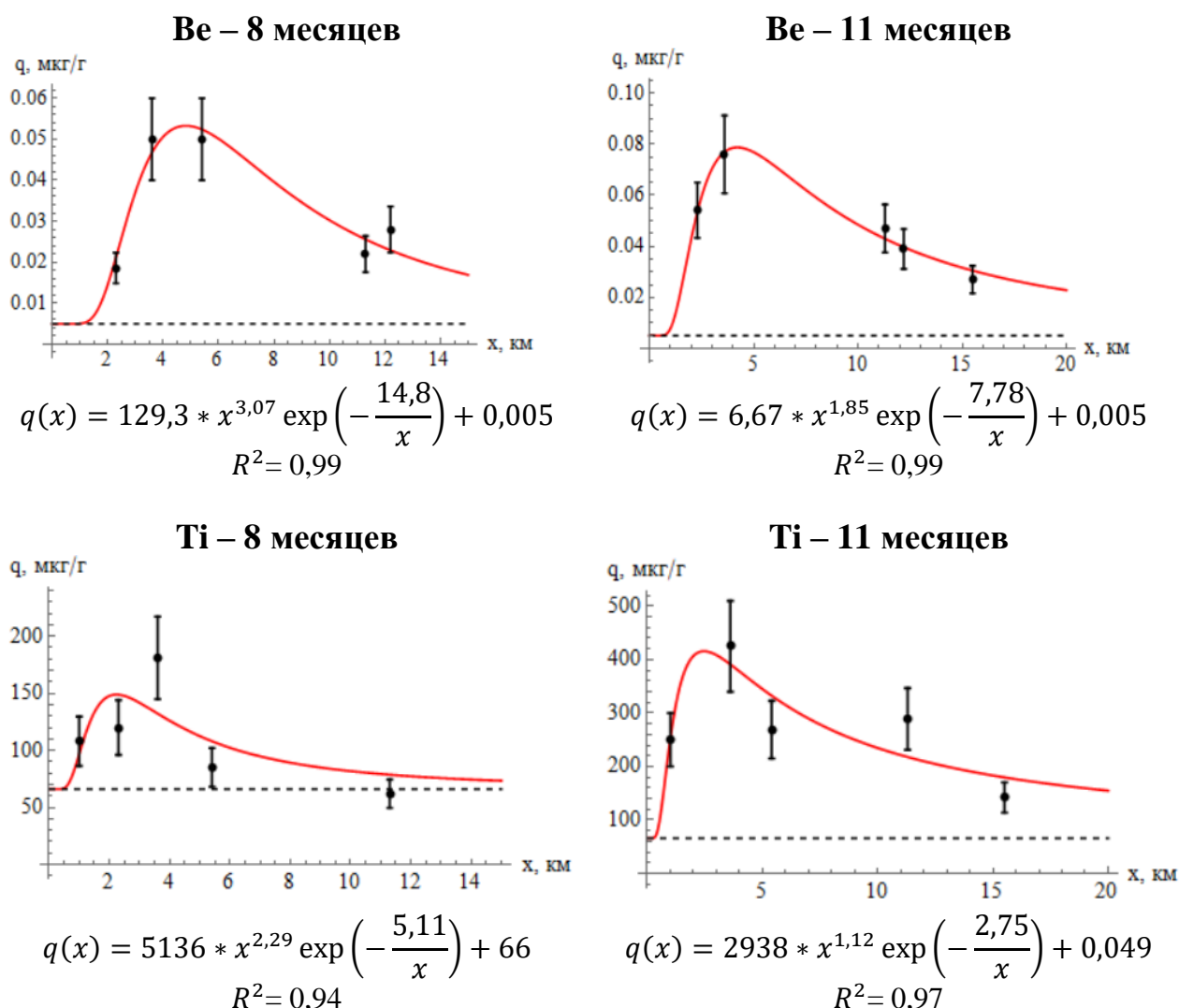


Рисунок 2.4 – Концентрации химических элементов во мхах, отобранных в зоне влияния алюминиевого завода; горизонтальная прямая – фоновые концентрации; сплошная кривая – регрессионная зависимость (1.12)



## **Глава III. Результаты оценок вертикального коэффициента турбулентной диффузии и их анализ**

### **3.1 Основные показатели природно-климатических условий на исследуемой территории**

Угольная ТЭЦ расположена в городе Новосибирске, в центре Евразии, далеко от морей и океанов, поэтому климат здесь континентальный, с холодной продолжительной зимой и коротким жарким летом. Средняя годовая температура воздуха – 0,2 °С. Абсолютный максимум – плюс 41,1 °С, минимум – минус 51 °С. Годовое количество осадков  $\approx 425$  мм, из них в период экспозиции 2 месяца (в среднем) 80 мм осадков, в период 8 месяцев – 244 мм. Ветра в основном западные, юго-западные, реже – северные и северо-восточные. Средняя скорость порыва ветра достигает 5-6 м/с (См. приложение М).

Климат города Красноярска мало отличается от климата Новосибирска. Средняя годовая температура воздуха – 1,2 °С. Абсолютный максимум – плюс 36,4 °С, минимум – минус 52,8 °С. Годовое количество осадков  $\approx 465$  мм, из них в период экспозиции 2 месяца (в среднем) 121 мм осадков, в период 8 месяцев – 236 мм, в период 11 месяцев – 382 мм. Ветра в основном западные, юго-западные, реже – северные и северо-западные. Средняя скорость порыва ветра достигает 5-6 м/с (См. приложение М).

Территории, на которых расположены предприятия отличаются рельефом. Так зона влияния алюминиевого завода расположена на неоднородной местности, полосы с густой растительностью (преимущественно хвойной) чередуются с полями; зона влияния ТЭЦ – равнина, где находится густой лес, простирающийся на расстоянии 5 км.

### **3.2 Результаты расчета вертикального коэффициента турбулентной диффузии и их анализ**

Для расчета вертикального коэффициента турбулентной диффузии  $k_z$  по формуле (1.15), использованы функции распределения только тех химических элементов, для которых характерная зависимость для монодисперсных выбросов

проявилась наиболее отчетливо. В расчетах параметров переноса по формулам при определении средней скорости ветра  $\overline{u}_1$  использованы данные Gismeteo, приведенные для высоты  $z_1 = 10$  м за разные периоды экспозиции при НАА и АЭС. В таблицах 2.2 и 2.3 представлены значения параметра  $\theta_3$ , погрешность в определении параметра  $\theta_3$ , вертикальные коэффициенты турбулентной диффузии  $k_z$  для высоты 1 м при  $n = 0,2$ .

### 3.2.1 Результаты расчета средних значений вертикального коэффициента турбулентной диффузии в зоне влияния угольной ТЭЦ-5 (г.Новосибирск)

Таблица 3.1 – Значения параметра  $\theta_3$ , погрешность в определении параметра  $\theta_3$ , коэффициент вертикальной диффузии  $k_z$  на высоте 1 м для ТЭЦ ( $n = 0,2$ ;  $\overline{u}_1 = 1,62$  м/с;  $\overline{u}_2 = 1,52$  м/с;  $z_1 = 10$  м;  $H = 260$  м)

Период экспозиции 2 месяца				Период экспозиции 8 месяцев			
Элемент	$\theta_3$ , км	Стандартная ошибка в определении $\theta_3$ , %	$k_z$ (1 м), м <sup>2</sup> /с	Элемент	$\theta_3$ , км	Стандартная ошибка в определении $\theta_3$ , %	$k_z$ (1 м), м <sup>2</sup> /с
<b>Lu</b>	10,56	3,11	0,053	<b>Lu</b>	11,84	1,70	0,044
<b>Yb</b>	12,4	4,39	0,045	<b>Yb</b>	14,16	5,90	0,038
<b>Sm</b>	16,07	18,2	0,035	<b>Sm</b>	15,79	10,91	0,033
<b>Sb</b>	13,99	9,72	0,040	<b>Sb</b>	13,67	4,78	0,039
<b>Mo</b>	10,05	1,68	0,056	<b>Mo</b>	27,44	8,45	0,019
<b>Sn</b>	28,20	39,64	0,020	<b>Ce</b>	9,42	3,32	0,056
<b>Si</b>	8,91	5,03	0,063	<b>As</b>	12,87	4,70	0,041
<b>Br</b>	28,64	19,46	0,020	<b>Hf</b>	29,47	22,29	0,018
<b>Sr</b>	10,64	7,42	0,053	<b>Zr</b>	19,52	15,94	0,027
				<b>Zn</b>	13,24	10,64	0,040
				<b>Fe</b>	8,34	5,21	0,063
			0.043				0.038

Значения вертикального коэффициента турбулентной диффузии  $k_z$  на высоте 1 м, найденные по распределениям химических элементов для ТЭЦ находятся в интервале 0,020...0,63 м<sup>2</sup>/с для периода экспозиции 2 месяца и 0,019...0,63 м<sup>2</sup>/с для периода экспозиции 8 месяцев. Относительный разброс значений в выборках не велик - коэффициент вариации  $V_{k_1} = \frac{\sigma}{k_1} \cdot 100\%$  не превысил для обеих групп элементов 70%, следовательно вариация умеренная, и для анализа можно использовать средние значения. Значения медианы  $M$  для

ТЭЦ для двух периодов экспозиции составляют  $M1 = 0,020 \text{ м}^2/\text{с}$  и  $M2 = 0,041 \text{ м}^2/\text{с}$ , т.е. выборка для периода экспозиции 2 месяца асимметрична, в отличие от выборки для периода экспозиции 8 месяцев. Среднее значение  $k_z$  для периода экспозиции 2 месяца немного больше, чем для периода экспозиции 8 месяцев, так как средняя скорость ветра для 2 месяцев выше (Таблица 3.1):  $\overline{k_{\text{ТЭЦ1}}} = 0,043 \text{ м}^2/\text{с}$  и  $\overline{k_{\text{ТЭЦ2}}} = 0,038 \text{ м}^2/\text{с}$ .

### 3.2.2 Анализ расчета вертикального коэффициента турбулентной диффузии в зоне влияния алюминиевого завода (г. Красноярск)

Таблица 3 – Значения параметров  $\theta_3$ , погрешность в определении параметра  $\theta_3$ , коэффициент вертикальной диффузии  $k_z$  на высоте 1 м для КраЗ, месяцев ( $n = 0,2$ ;  $\overline{u_1} = 1,6 \text{ м/с}$ ;  $\overline{u_2} = 1,89 \text{ м/с}$ ;  $\overline{u_3} = 2,23 \text{ м/с}$ ;  $z_1 = 10 \text{ м}$ ;  $H = 120 \text{ м}$ )

Период экспозиции 2 месяца				Период экспозиции 8 месяцев				Период экспозиции 11 месяцев			
Эл - т	$\theta_3$ , км	Ст-ная ошибка в опре-нии $\theta_3$ , %	$k_z$ (1 м), $\text{м}^2/\text{с}$	Эл - т	$\theta_3$ , км	Ст-ная ошибка в опре-нии $\theta_3$ , %	$k_z$ (1 м), $\text{м}^2/\text{с}$	Эл - т	$\theta_3$ , км	Ст-ная ошибка в опре-нии $\theta_3$ , %	$k_z$ (1 м), $\text{м}^2/\text{с}$
<b>Nd</b>	6,04	3,30	0,036	<b>Sn</b>	12,15	5,29	0,021	<b>Zn</b>	2,65	1,38	0,115
<b>Mo</b>	21,05	7,00	0,010	<b>Mo</b>	4,57	0,71	0,057	<b>Cu</b>	2,77	1,06	0,110
<b>Th</b>	1,85	1,15	0,118	<b>Ta</b>	4,60	1,46	0,056	<b>Ti</b>	2,75	1,39	0,111
<b>La</b>	2,39	1,08	0,092	<b>Eu</b>	5,51	1,99	0,047	<b>Si</b>	2,17	1,60	0,141
<b>Sr</b>	5,42	0,65	0,040	<b>Sm</b>	2,29	1,35	0,113	<b>Al</b>	5,98	1,70	0,051
<b>Co</b>	3,63	1,03	0,060	<b>Zn</b>	2,72	1,31	0,095	<b>Be</b>	7,78	1,27	0,039
				<b>Cu</b>	1,19	0,76	0,218	<b>Pb</b>	2,77	1,02	0,110
				<b>Ti</b>	5,11	5,77	0,051	<b>Co</b>	7,08	2,84	0,043
				<b>Si</b>	5,65	2,56	0,046	<b>Cr</b>	2,83	0,70	0,108
				<b>Be</b>	14,80	3,42	0,017	<b>V</b>	7,14	2,07	0,043
				<b>Pb</b>	4,26	0,07	0,061	<b>Fe</b>	1,99	1,07	0,153
				<b>Fe</b>	2,26	1,36	0,115				
			0,059				0,075				0,093

Среднее значение для данных выборок составляет  $\overline{k_{\text{А31}}} = 0,059 \text{ м}^2/\text{с}$ ,  $\overline{k_{\text{А32}}} = 0,063 \text{ м}^2/\text{с}$ ,  $\overline{k_{\text{А33}}} = 0,093 \text{ м}^2/\text{с}$ . Относительный разброс значений  $k_z$  для всех трех выборок не велик, коэффициент вариации  $V_{k_1} = \frac{\sigma}{k_1} \cdot 100\%$  не превысил 70%, вариация умеренная, и для анализа можно использовать средние значения. Значения медианы  $M$  для КраЗ для трех периодов экспозиции отличаются от

средних и составляют  $M1 = 0,04 \text{ м}^2/\text{с}$ ,  $M2 = 0,046 \text{ м}^2/\text{с}$ ,  $M3 = 0,11 \text{ м}^2/\text{с}$ . Поэтому выборки ассиметричны.

Из сравнения средних значений  $k_z$  для разных периодов видно, что скорость ветра оказывает большое влияние на вертикальную турбулентную диффузию. Так с ростом средней скорости ветра на 18% (для каждого последующего периода экспозиции), коэффициент  $k_z$  увеличился в среднем на 25% (рис 3.1).

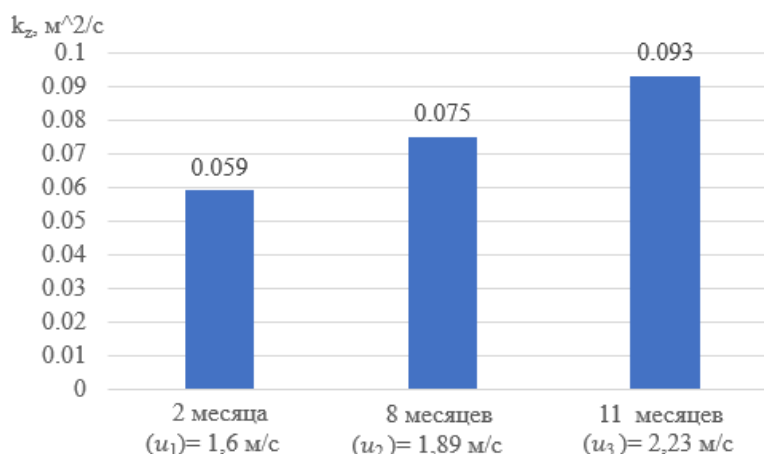


Рисунок 3.1 – Зависимость средних значений коэффициента вертикальной турбулентной диффузии от средней скорости ветра

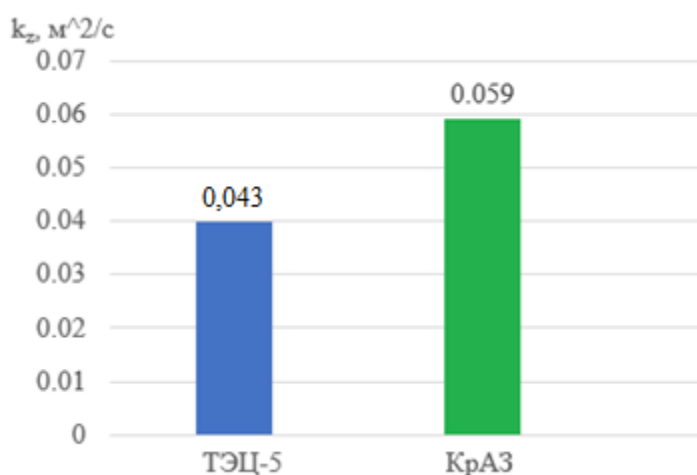


Рисунок 3.2 – Сравнение средних значений коэффициента вертикальной турбулентной диффузии для территорий с разной степенью неоднородности подстилающей поверхности (при равной средней скорости ветра)

Помимо скорости ветра на развитие турбулентности влияет степень неоднородности поверхности. На рис. 3.2 приведены средние значения  $k_z$  для двух исследуемых территорий с разной степенью неоднородности, но при

практически одинаковой скорости ветра. Видно, что коэффициент турбулентной диффузии в зоне влияния алюминиевого завода на 37% выше, чем в зоне влияния ТЭЦ. Так как средняя скорость ветра на обеих территориях почти одинакова, можно сделать вывод, что в данном случае на значения коэффициентов вертикальной диффузии влияет степень неоднородности подстилающей поверхности. Как отмечено выше, в зоне влияния КрАЗ местность с более высокой неоднородностью, что способствует развитию турбулентности.

## **4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **Введение**

Основной задачей данного раздела является оценка перспективности, конкурентоспособности и соответствия разработок, предлагаемых в рамках научного исследования, современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработок;
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Цель данной ВКР – оценка коэффициента вертикальной турбулентной диффузии для территорий с различными природными-климатическими условиям, что позволит отследить загрязнение атмосферы от высотных источников.

### **4.1 Оценка коммерческого потенциала проводимого НИ**

#### **4.1.1 Анализ конкурентных технических решений**

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- Технические характеристики разработки;
- Конкурентоспособность разработки;

- Уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.п.);
- Бюджет разработки;
- Уровень проникновения на рынок;
- Финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты. Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (4.1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;  $B_i$  – вес показателя (в долях единицы);  $B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок) представлена в таблице 4.1. Для сравнения выбраны инструментальный метод мониторинга загрязнения воздуха (K1) и метод отбора проб снега (K2).

Уязвимость позиций конкурентов обусловлена для конкурентной технологии K1 использованием громоздкого и дорогого оборудования, невозможностью проводить мониторинг в течение длительного времени и одновременно охватывать большие территории, как следствие, невозможность определения пространственного распределения концентраций загрязняющих

веществ и их распространения; для конкурентной технологии К2 – неудобством процедуры отбора проб для проведения мониторинга и её длительностью.

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,027	2	3	1	0,054	0,081	0,027
2. Удобство в эксплуатации	0,107	3	4	1	0,321	0,428	0,107
3. Помехоустойчивость	0,12	3	3	3	0,36	0,360	0,360
4. Энергоэкономичность	0,04	4	3	4	0,16	0,120	0,160
5. Надежность	0,12	4	5	4	0,48	0,600	0,480
6. Безопасность	0,052	4	4	3	0,212	0,212	0,159
7. Потребность в ресурсах памяти	0,027	5	4	5	0,135	0,108	0,135
8. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,08	4	2	3	0,32	0,160	0,240
9. Простота эксплуатации	0,093	5	3	5	0,465	0,279	0,465
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Готовность потребителей использовать разработку	0,067	3	4	2	0,201	0,268	0,134
2. Затраты	0,12	5	2	4	0,6	0,240	0,480
3. Возможность привлечения средств для разработки	0,067	3	4	3	0,201	0,268	0,201
4. Наличие стандартизированной методики	0,08	4	5	4	0,320	0,400	0,320
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>49</b>	<b>46</b>	<b>42</b>	<b>3,829</b>	<b>3,524</b>	<b>3,268</b>

Конкурентное преимущество представляемой разработки заключается в высокой функциональности (определение пространственного распределения концентраций химических элементов в воздухе и их распространение, изучение физических параметров приземного слоя атмосферы), низкой стоимости, удобстве и простоте эксплуатации.

Развитие данной технологии должно происходить по следующим направлениям: повышение помехоустойчивости и надежности, стандартизация метода и разработка спецификации.

#### 4.1.2 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой



комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

SWOT-анализ заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Матрица SWOT

	<p><b>Сильные стороны проекта</b></p> <p><b>С1.</b> Простота отбора образцов.</p> <p><b>С2.</b> Экологичность технологии.</p> <p><b>С3.</b> Простота обработки результатов.</p> <p><b>С4.</b> Возможность отбора образцов в любое время года.</p> <p><b>С5.</b> На данный момент не существует метода расчета скорости гравитационного оседания частиц выбросов сложной формы в турбулентной атмосфере.</p> <p><b>С6.</b> Длительное время экспозиции (от 1 года до 10-15 лет).</p>	<p><b>Слабые стороны проекта</b></p> <p><b>Сл1.</b> Необходимо много образцов для более точного результата.</p> <p><b>Сл2.</b> Большие погрешности при измерении концентраций методом АЭС.</p> <p><b>Сл3.</b> Сложность пробоподготовки образцов.</p> <p><b>Сл4.</b> Процессы турбулентности атмосферы и влияния её на движение частиц сложной формы очень сложны и поэтому моделей для математического описания гравитационного оседания частиц не существует.</p> <p><b>Сл5.</b> Зависимость от качества работы атомных анализаторов.</p>
<p><b>Возможности</b></p> <p><b>В1.</b> Использование результатов исследования для оценки и прогнозирования загрязнений атмосферы.</p> <p><b>В2.</b> Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p> <p><b>В3.</b> Сотрудничество с рядом новых организаций.</p> <p><b>В4.</b> Повышение стоимости конкурентных разработок.</p> <p><b>В5.</b> Разработка нового полумпирического метода оценки скорости гравитационного оседания частиц в условиях турбулентной атмосферы.</p>	<p><b>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»</b></p> <p>1.Простота обработки результатов даст нам возможность увеличить спрос на наш продукт.</p> <p>2.Надежность и безопасность метода даст возможность установить сотрудничество с рядом новых организаций.</p> <p>3.Длительное время экспозиции позволит исключить использование известных инструментальных методов измерения, что снизит себестоимость работ.</p>	<p><b>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»</b></p> <p>1.Сложность пробоподготовки образцов приводит к тому, что данный метод оценки займет от недели до месяца, что нельзя назвать оперативным.</p> <p>2.Приоритет конкурентных организаций из-за длительного срока исследований.</p> <p>3.Большие погрешности измерений приводят к большим погрешностям в оценке значений исследуемых величин.</p>

Продолжение Таблицы 4.2.

<p><b>В6.</b> Публикации в высоко-рейтинговых журналах способствуют поднятию статуса ВУЗа.</p>	<p>4.Исследование актуально и не имеет аналогов.</p>	<p>4.Зависимость от качества работы приборов приводит к тому, что при неполадках в лаборатории есть возможность получить неточные результаты или испортить образцы. 5.Отсутствие существующей математической модели, описывающей гравитационное оседание частиц сложной формы в турбулентной атмосфере, усложняет математическую обработку и трактовку полученных результатов.</p>
<p><b>Угрозы</b> <b>У1.</b> Высокая цена технологии. <b>У2.</b> Конкуренция. <b>У3.</b> Отсутствие финансирования со стороны, как университета, так и государства. <b>У4.</b> Сложность поставки образцов для исследований. <b>У5.</b> Нежелание многих предприятий сотрудничать. <b>У6.</b> Отсутствие подходящей растительности в зоне действия предприятия.</p>	<p><b>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»</b> 1.Экологичность нашей технологии дает нам преимущество перед нашими конкурентами 2.Осуществление обработки результатов без применения сложных программ, не даст нам задержку по получению полных результатов для исследования. 3.Работа актуальна и не имеет аналогов.</p>	<p><b>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»</b> 1.Невостребованность технологии за счет ее неустойчивой конкурентоспособности. 2.Стагнация исследований из-за отсутствия финансирования.</p>

На основе результатов проведенного анализа можно сделать вывод о трудностях и проблемах, с которыми так или иначе может столкнуться исследовательский проект. Сильные стороны дают возможность устанавливать сотрудничество с новыми организациями за счет надежности и безопасности представленной технологии и увеличить на нее спрос. Слабые стороны разработки порождают такие угрозы, как невостребованность технологии за счет ее неустойчивой конкурентоспособности и стагнации исследований из-за отсутствия финансирования; сложность пробоподготовки образцов значительно увеличит время проведения оценки состояния атмосферы представленным методом. Однако осуществление обработки результатов измерения концентраций загрязняющих элементов в образцах мхов без применения

сложных программ позволяет ускорить процесс обработки данных, что компенсирует время, потраченное на пробоподготовку. Из рассмотренных сторон можно сделать вывод о необходимости вынесения данной технологии на российский рынок.

## **4.2 Планирование НИР**

### **4.2.1 Структура работ в рамках НИР**

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться от 2 до 15 человек. В рамках выполнения бакалаврской работы рабочая группа, обычно, состоит из дипломника и научного руководителя от ВУЗа. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ. Порядок этапов и работ при выполнении бакалаврской работы приведен в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка технического задания на НИР	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер

### Продолжение Таблицы 4.3

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
Выбор направления исследования	3	Разработка общей методики проведения исследований	Руководитель инженер
	4	Выбор направления исследования	Руководитель инженер
	5	Календарное планирование работ по теме	Инженер
Теоретические исследования	6	Анализ литературных источников	Инженер
	7	Проведение тестовых ручных расчетов	Инженер
	8	Сравнение тестовых расчетов с реальными данными	Инженер
	9	Практический расчет	Руководитель инженер
	10	Корректировка расчетов	Инженер
	11	Отчет перед руководителем	Инженер
Обобщение и оценка результатов	12	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель инженер
	13	Составление и оформление расчетов	Руководитель инженер
	14	Определение целесообразности проведения НИР	Руководитель инженер
	15	Составление пояснительной записки	Инженер
	16	Подготовка к защите темы	Инженер

#### 4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5}. \quad (4.2)$$

где  $t_{ожі}$ , чел – дн – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы;  
 $t_{min.i}$ , чел – дн – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной

$i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств);

$t_{max,i}$ , чел – дн – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств).

$$\begin{aligned} t_{ож1} &= \frac{3t_{min,i}+2t_{max,i}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8; & t_{ож2} &= \frac{3t_{min,i}+2t_{max,i}}{5} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 6}{5} = 4,8; \\ t_{ож3} &= \frac{3t_{min,i}+2t_{max,i}}{5} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 3,8; & t_{ож4} &= \frac{3t_{min,i}+2t_{max,i}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 3}{5} = 1,8; \\ t_{ож5} &= \frac{3t_{min,i}+2t_{max,i}}{5} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 3,8; & t_{ож6} &= \frac{3t_{min,i}+2t_{max,i}}{5} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 6}{5} = 4,8; \\ t_{ож7} &= \frac{3t_{min,i}+2t_{max,i}}{5} = \frac{3 \cdot 6 + 2 \cdot 8}{5} = 6,8; & t_{ож8} &= \frac{3t_{min,i}+2t_{max,i}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8; \\ t_{ож9} &= \frac{3t_{min,i}+2t_{max,i}}{5} = \frac{3 \cdot 6 + 2 \cdot 8}{5} = 6,8; & t_{ож10} &= \frac{3t_{min,i}+2t_{max,i}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8; \\ t_{ож11} &= \frac{3t_{min,i}+2t_{max,i}}{5} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 3,8; & t_{ож12} &= \frac{3t_{min,i}+2t_{max,i}}{5} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 3,8; \\ t_{ож13} &= \frac{3t_{min,i}+2t_{max,i}}{5} = \frac{3 \cdot 9 + 2 \cdot 11}{5} = 9,8; & t_{ож14} &= \frac{3t_{min,i}+2t_{max,i}}{5} = \frac{3 \cdot 5 + 2 \cdot 7}{5} = 5,8; \\ t_{ож15} &= \frac{3t_{min,i}+2t_{max,i}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8; & t_{ож16} &= \frac{3t_{min,i}+2t_{max,i}}{5} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 6}{5} = 4,8. \end{aligned}$$

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}. \quad (4.3)$$

где  $T_{pi}$ , раб. дн. – продолжительность одной работы;  $t_{ожi}$ , чел – дн – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы;  $Ч_i$ , чел – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Таблица 4.4 – Продолжительность работы в рабочих днях

№	$t_{ож\bar{i}}$ , чел-дн	$\bar{C}_i$ , чел.	$T_{pi}$ , дней	№	$t_{ож\bar{i}}$ , чел-дн	$\bar{C}_i$ , чел.	$T_{pi}$ , дней
1	2,8	1	3	9	6,8	1	7
2	4,8	1	5	10	2,8	1	3
3	3,8	2	2	11	3,8	1	4
4	1,8	1	2	12	3,8	2	2
5	3,8	1	4	13	9,8	2	5
6	4,8	1	5	14	5,8	2	3
7	6,8	1	7	15	2,8	1	3
8	2,8	1	3	16	4,8	1	5

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \text{ кал. дн.} \quad (4.4)$$

где  $T_{ki}$ , кал. дн. – продолжительность выполнения  $i$ -й работы;  $T_{pi}$ , раб. дн. – продолжительность выполнения  $i$ -й работы;  $k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48 \quad (4.5)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;  $T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;  $T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

В 2019 году 118 выходных и праздничных дней. Расчетная величина продолжительности работ  $T_{ki}$  была округлена до целых чисел. Расчетные данные сведены в таблице 4.5, на основании которой был построен календарный план-график.

Расчет для первой работы:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 3 \cdot 1,48 = 4,44 \approx 4.$$

На основе таблицы 4.5 строится календарный план-график. График строится разбивкой по месяцам и декадам за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделены различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 4.5 – Временные показатели проведения НИР

$i$	$t_{min.i}$	$t_{max.i}$	$t_{ож.и}$	$Ч_i$	$T_{pi}$	$T_k$
1	2	4	2,8	1	3	4
2	4	6	4,8	1	5	6
3	3	5	3,8	2	2	2
4	1	3	1,8	1	2	2
5	3	5	3,8	1	4	5
6	4	6	4,8	1	5	6
7	6	8	6,8	1	7	9
8	2	4	2,8	1	3	4
9	6	8	6,8	1	7	9
10	2	4	2,8	1	3	4
11	3	5	3,8	1	4	5
12	3	5	3,8	2	2	2
13	9	11	9,8	2	5	6
14	5	7	5,8	2	3	4
15	2	4	2,8	1	3	4
16	4	6	5,8	1	5	6
Итого			72,8	-	63	78

График строится разбивкой по месяцам и декадам за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделены различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу. Календарный план-график выполнения данной дипломной работы представлен ниже.

Таблица 4.6 – Календарный план-график в виде диаграммы Ганта

п/п	Этап	Исполнитель	Тк	Продолжительность этапа												
				Март					Апрель				Май			
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Составление ТЗ	Руководитель	4	■												
2	Изучение литературы	Инженер	6	■	■											
3	Разработка методики исследований	Руководитель	2		■											
		Инженер				■										
4	Выбор направления	Руководитель	2			■										
		Инженер					■									
5	Календарное план. работ	Инженер	5				■									
6	Анализ лит. источников	Инженер	6					■								
7	Проведение расчетов	Инженер	9						■							
8	Сравнение расчетов	Инженер	4							■						
9	Практический расчет	Инженер	9								■					
10	Корректировка расчетов	Инженер	4									■				
11	Отчет перед руководителем	Инженер	5										■			
12	Оценка результатов	Руководитель	2											■		
		Инженер													■	
13	Составление и оформление расчетов	Руководитель	6												■	
		Инженер														■
14	Определение целесообразности проведения НИР	Руководитель	4													■
		Инженер														
15	Составление ПЗ	Инженер	4													■
16	Подготовка к защите темы	Инженер	6													■

Календарный план-график выполнения данной дипломной работы представлен в таблице 4.6. Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

#### **4.3 Бюджет научного исследования**

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
  - затраты на научные и производственные командировки.
  - контрагентные расходы;
  - накладные расходы НИР.

##### **4.3.1 Материальные затраты на НИ**

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Количество потребных материальных ценностей определяется по нормам расхода.

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (15 % от цены). В эту же статью включаются затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов). Результаты по данной статье заносятся в таблицу 4.7.



Таблица 4.7 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за единицу, руб.	Затраты, руб.
Бумага офисная А4	уп.	1	240	276
Канцелярские товары	уп.	1	200	230
Итого, руб.	506			

#### 4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

Расчёт амортизации производится на находящееся в использовании оборудование. В итоговую стоимость исследовательской работы входят отчисления на амортизацию за время использования оборудования в статье накладных расходов.

Таблица 4.8 – Затраты на оборудование

Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
Ноутбук HP 250 G7	1	5	21	21
<b>Итого:</b>	21000 руб.			

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (4.6)$$

где  $n$  – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация:

$$A = \frac{H_A \cdot И}{365} \cdot d, \quad (4.7)$$

где  $И$  – итоговая сумма, тыс. руб.;  $d$  – время использования, дн.

Рассчитаем амортизацию для ноутбука Ноутбук HP 250 G7, с учётом, что срок полезного использования 5 лет:

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{5} = 0.2.$$

$$A = \frac{H_A \cdot И}{365} \cdot d = \frac{0.2 \cdot 21000}{365} \cdot 94 = 1081 \text{ руб.},$$

Полученное значение занесено в Таблицу 4.9.

Таблица 4.9 – Суммарные затраты амортизационных отчислений

Наименование оборудования	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.	Срок полезного использования, лет	Срок пользования в рамках проекта, дн.	Амортизационные отчисления, руб.
Ноутбук HP 250 G7	21	5	94	1081
<b>Итого:</b>	1081 руб.			

### 4.3.3 Основная заработная плата

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью исследовательской работы и действующей системой оклада.

Основная заработная плата  $Z_{\text{осн}}$  одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p,$$

где  $Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата, руб.;  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (табл. 4.5).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{39000 \cdot 11.2}{214} = 2041.1 \text{ руб.},$$

где  $Z_m$  – должностной оклад работника за месяц;  $F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени исполнителей, раб.дн. (табл. 4.10);  $M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года.

- при отпуске в 28 раб. дня –  $M = 11.2$  месяца, 5-дневная рабочая неделя;
- при отпуске в 56 раб. дней –  $M = 10.3$  месяца, 6-дневная рабочая неделя;

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{30420 \cdot 10.3}{217} = 1443.9 \text{ руб.},$$

Должностной оклад работника за месяц:

Для руководителя:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_d) \cdot k_p = 20000 \cdot (1 + 0.3 + 0.2) \cdot 1.3 = 39000 \text{ руб.},$$

Для инженера:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 15600 \cdot (1 + 0.3 + 0.2) \cdot 1.3 = 30420$$

руб.,

где  $З_{\text{тс}}$  – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.;  $k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент, равен 0,3;  $k_{\text{д}}$  – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2;  $k_{\text{р}}$  – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

#### **4.3.4 Дополнительная заработная плата**

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

Для руководителя:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0.15 \cdot 22452,1 = 3367.8 \text{ руб.},$$

Для инженера:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0.15 \cdot 79414,5 = 11912.2 \text{ руб.},$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,15).

#### **4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)**

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

Для руководителя:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0.3 \cdot (22452,1 + 3367.8) = 7745,97 \text{ руб.},$$

Для инженера:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0.3 \cdot (79414,5 + 11912.2) = 27398 \text{ руб.},$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2020 году 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

#### **4.3.6 Накладные расходы**

Накладными расходами учитываются прочие затраты организации, такие как печать и ксерокопирование проектировочных документов, оплата услуг связи.

Накладные расходы в целом:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \dots 5) \cdot k_{\text{нр}} =$$

$= (1856 + 506 + 21000 + 101866,6 + 15280 + 35144) \cdot 0,2 = 38655,9$   
руб.,

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,2.

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИ (название темы) по форме, приведенной в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Группировка затрат по статьям

Статьи								
Амортизация	Сырье, материалы	Специальное оборудование	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов	Накладные расходы	Итого бюджетная стоимость
1081	633	21000	101866	15280	35144	175004	35000,9	210005,5

#### 4.4 Определение ресурсной эффективности исследования

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (4.8)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;  $a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;  $b_i$  – балльная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности данного исследования представлен в форме таблицы 4.12.

$$I_{\text{р-исп1}} = 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 = 3,95,$$

$$I_{\text{р-исп2}} = 3 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,25 = 3,25.$$

Таблица 4.12 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
1. Безопасность	0,2	5	3
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	2
3. Помехоустойчивость	0,15	3	3
4. Энергоэффективность	0,1	3	2
5. Надежность	0,15	4	3
6. Потребность в ресурсах памяти	0,25	4	5
ИТОГО	1	-	-

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки  $I_{\text{исп.}i}$  определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{I_{\text{р-исп1}}}{I_{\text{финр}}} = \frac{3,95}{0,5} = 7,9, \quad (4.9)$$

$$I_{\text{исп.2}} = \frac{I_{\text{р-исп2}}}{I_{\text{финр}}} = \frac{3,25}{0,73} = 4,45, \quad (4.10)$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах.

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.1}}}{I_{\text{исп.2}}} = \frac{7,9}{4,45} = 1,78. \quad (4.11)$$

Таблица 4.13 Сравнительная эффективность разработки

Пп/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,95	3,25
2	Интегральный показатель эффективности	7,9	4,45
3	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,78	

Сравнивая значения интегральных показателей эффективности, можно отметить, что более эффективным вариантом решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является исполнение 1.

#### **4.5 Выводы по разделу**

В результате выполнения изначально сформулированных целей раздела, можно сделать следующие выводы:

- Результатом проведенного анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации исследования как наиболее предпочтительного и рационального по сравнению с другим;
- При проведении планирования был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей. Были определены: общее количество календарных дней для выполнения работы – 94 дней, общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер – 74 и общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель - 20;
- Составлен бюджет научного исследования, позволяющий оценить затраты на его реализацию, которые составляют 210005,5 руб.

## **5 Социальная ответственность**

### **5.1 Введение**

В современных условиях одним из основных направлений коренного улучшения всей профилактической работы по снижению производственного травматизма и профессиональной заболеваемости является повсеместное внедрение комплексной системы управления охраной труда, то есть путем объединения разрозненных мероприятий в единую систему целенаправленных действий на всех уровнях и стадиях производственного процесса.

Охрана труда – это система законодательных, социально-экономических, организационных, технологических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда (Федеральный закон «Об основах охраны труда» от 17.07.1999 г. № 181-ФЗ) [27]. Правила по охране труда и техники безопасности вводятся в целях предупреждения несчастных случаев, обеспечения безопасных условий труда работающих и являются обязательными для исполнения рабочими, руководящими, инженерно-техническими работниками.

Опасным производственным фактором, согласно [27], называется такой производственный фактор, воздействие которого в определенных условиях приводят к травме или другому внезапному, резкому ухудшению здоровья.

Вредным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего, в определенных условиях, приводит к заболеванию или снижению трудоспособности.

### **5.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

#### **5.2.1 Правовые нормы трудового законодательства**

Весь персонал обязан знать и строго соблюдать правила техники безопасности. Обучение персонала технике безопасности и производственной санитарии состоит из вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте

ответственным лицом.

Проверка знаний правил техники безопасности проводится квалификационной комиссией после обучения на рабочем месте. Проверяемому, присваивается соответствующая его знаниям и опыту работы квалификационная группа по технике безопасности и выдается специальное удостоверение.

Лица, работающие на ПЭВМ, не должны иметь медицинских противопоказаний. Состояние здоровья устанавливается медицинским освидетельствованием.

Основными правилами, регулирующими общие требования к организации режима труда с ПЭВМ, являются положения, предусмотренные Типовой инструкцией по охране труда при работе на персональном компьютере ТОО Р-45-084-01, утвержденной Приказом Минсвязи России от 02.07.2001 №162 (далее – Инструкция), а также Санитарно-эпидемиологические правила и нормы СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, утвержденные Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ 03.06.2003 №118 (далее – Правила).

Работодатели обязаны привести рабочие места пользователей ПЭВМ в соответствие с требованиями указанных документов и в дальнейшем руководствоваться ими при организации производственного процесса, трудовой или служебной деятельности. В Инструкции и в Правилах, в зависимости от вида и категории трудовой деятельности, классифицированы требования к ПЭВМ, к помещениям для работы с ПЭВМ, микроклимату, организации рабочих мест пользователей ПЭВМ, приведено суммарное время регламентированных перерывов в зависимости от продолжительности работы, вида и категории трудовой деятельности с ПЭВМ.

### **5.2.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны инженера**

Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще должно располагаться в зоне легкой досягаемости рабочего пространства, как на рисунке 5.1.



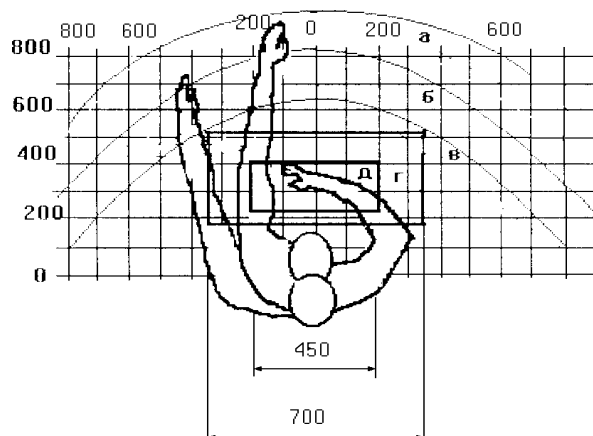


Рисунок 5.1 – Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости: а – зона максимальной досягаемости рук; б – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в – зона легкой досягаемости ладони; г оптимальное пространство для грубой ручной работы; д – оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости рук: дисплей размещается в зоне а (в центре); клавиатура – в зоне г/д; системный блок размещается в зоне б (слева); принтер находится в зоне а (справа); документация: в зоне легкой досягаемости ладони - в (слева) – литература и документация, необходимая при работе; в выдвижных ящиках стола – литература, не используемая постоянно.

Рабочее кресло должно быть подъёмно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки до переднего края сиденья. Рекомендуется высота сиденья над уровнем пола 420-550 мм. Конструкция рабочего кресла должна обеспечивать: ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм; поверхность сиденья с заглублённым передним краем. [28]

Монитор должен быть расположен на уровне глаз оператора на расстоянии 500-600 мм. Согласно нормам, угол наблюдения в горизонтальной плоскости должен быть не более 45 градусов к нормали экрана. Лучше если угол обзора будет составлять 30 градусов. Кроме того, должна быть возможность выбирать уровень контрастности и яркости изображения на экране.

Должна предусматриваться возможность регулирования экрана [28]:

- по высоте +3 см;
- по наклону от 10 до 20 градусов относительно вертикали;
- в левом и правом направлениях.

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100-300 мм от края. Нормальным положением клавиатуры является её размещение на уровне локтя оператора с углом наклона к горизонтальной плоскости 15 градусов. Более удобно работать с клавишами, имеющими вогнутую поверхность, четырёхугольную форму с закруглёнными углами. Конструкция клавиши должна обеспечивать оператору ощущение щелчка. Цвет клавиш должен контрастировать с цветом панели.

При однообразной умственной работе, требующей значительного нервного напряжения и большого сосредоточения, рекомендуется выбирать неяркие, малоконтрастные цветовые оттенки, которые не рассеивают внимание (малонасыщенные оттенки холодного зеленого или голубого цветов). При работе, требующей интенсивной умственной или физической напряженности, рекомендуются оттенки тёплых тонов, которые возбуждают активность человека, располагать на поверхности стола на расстоянии 100 – 300 мм от края, обращенного к пользователю, или на специальной, регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы. [28]

### **5.3 Профессиональная социальная безопасность**

Производственные условия на рабочем месте характеризуются наличием опасных и вредных факторов, которые классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические, психофизиологические. Опасные и вредные факторы, сформированные производственным процессом, приведены в таблице 5.1.

При проведении исследования и обработке результатов измерений на ПК на студента воздействуют следующие факторы:

Физические: температура и влажность воздуха, шум, статическое электричество, электромагнитное поле низкой чистоты, освещённость, наличие излучения.

Психофизиологические: физические перегрузки (статические, динамические) и нервно - психические перегрузки (умственное перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

Таблица 5.1 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	ФАКТОРЫ ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Обработка результатов измерений на ПК	Микроклимат, шум, освещение, вибрация, электромагнитное излучение, психофизиологические нагрузки.	Электрический ток	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Санитарно - эпидемиологические правила и нормативы. «Гигиенические требования к ПЭВМ и организация работы»

### 5.3.1 Анализ вредных факторов. Обоснование мероприятий по защите инженера от их действия

Основные параметры, характеризующие условия труда это: микроклимат, шум, вибрация, электромагнитное поле, излучение, освещённость.

Воздух рабочей зоны (микроклимат) производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата устанавливаются в соответствии с [31] и приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Оптимальные и допустимые параметры микроклимата

Период года	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный и переходный	23–25	40–60	0,1
Теплый	23–25	40	0,1

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путём. В помещении должны

подаваться следующие объёмы наружного воздуха: при объёме помещения до 20 м<sup>3</sup> на человека – не менее 30 м<sup>3</sup> в час на человека; при объёме помещения более 40 м<sup>3</sup> на человека и отсутствии выделения вредных веществ допускается естественная вентиляция [31].

Система отопления должна обеспечивать достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В помещениях с повышенными требованиями к чистоте воздуха должно использоваться водяное отопление. Параметры микроклимата в используемой лаборатории регулируются системой центрального отопления, и имеют следующие значения: влажность – 40%, скорость движения воздуха – 0,1 м/с, температура летом – 20-25 °С, зимой – 13-15 °С. В лаборатории осуществляется естественная вентиляция. Воздух поступает и удаляется через щели, окна, двери. Основной недостаток такой вентиляции в том, что приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания [31].

Шум и вибрация ухудшают условия труда, оказывают вредное воздействие на организм человека, а именно, на органы слуха и на весь организм через центральную нервную систему. В результате этого ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция, увеличивается число ошибок при работе. Шум может создаваться работающим оборудованием, установками кондиционирования воздуха, осветительными приборами дневного света, а также проникать извне. При выполнении работы на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБ [28].

Экран (ЖК-монитор) и системные блоки производят электромагнитное излучение. Основная его часть происходит от системного блока и видеокабеля. Повышенный электромагнитный фон в значительной степени обеспечивает влияние ПК на здоровье людей. Электромагнитное излучение наибольшее влияние оказывает на иммунную, нервную, эндокринную и половую систему. Согласно [28] напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг экрана по электрической составляющей должна быть не более:

- в диапазоне частот 5Гц-2кГц – 25В/м;

- в диапазоне частот 2кГц-400кГц – 2,5В/м.

Плотность магнитного потока должна быть не более:

- в диапазоне частот 5Гц-2кГц – 250нТл;
- в диапазоне частот 2кГц-400кГц – 25нТл.

Существуют следующие способы защиты от ЭМП:

- увеличение расстояния от источника (экран должен находиться на расстоянии не менее 50 см от пользователя);
- применение приэкранных фильтров, специальных экранов и других средств индивидуальной защиты.

Недостаточная освещенность рабочего места.

Стол вместе с расположенной ПЭВМ располагается возле окна, свет падает с правой стороны, что позволяет достаточным образом освещать рабочее пространство лишь в дневное время.

Для компенсации недостатка естественного освещения в рабочем помещении, а также для создания достаточной освещенности необходимо создать систему комбинированного освещения, являющегося сочетанием общего и местного таким образом, чтобы освещенность рабочей зоны составляла не менее 500 лк, что соответствует нормам освещенности согласно СП 52.13330.2011, СНИП 23-05-95. [32]

Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы, делятся на: физические перегрузки (статические, динамические) и нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

Трудовая деятельность работников непроизводственной сферы относится к категории работ, связанных с использованием больших объемов информации, с применением компьютеризированных рабочих мест, с частым принятием ответственных решений в условиях дефицита времени, непосредственным контактом с людьми разных типов темперамента и т.д. Это обуславливает высокий уровень нервно-психической перегрузки, снижает функциональных на

активность центральной нервной системы, приводит к расстройствам в ее деятельности, развития утомления, переутомления, стрессу.

Наиболее эффективные средства предупреждения утомления при работе на производстве – это средства, нормализующие активную трудовую деятельность человека. На фоне нормального протекания производственных процессов одним из важных физиологических мероприятий против утомления является правильный режим труда и отдыха [28].

### **5.3.2 Электробезопасность**

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. Не следует работать с ЭВМ в условиях повышенной влажности (относительная влажность воздуха длительно превышает 75%), высокой температуры (более 35 °С), наличии токопроводящей пыли, токопроводящих полов и возможности одновременного прикосновения к имеющим соединение с землёй металлическим элементам и металлическим корпусом электрооборудования. Оператор ЭВМ работает с электроприборами: компьютером (дисплей, системный блок и т.д.) и периферийными устройствами. Существует опасность поражения электрическим током в следующих случаях:

- при непосредственном прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ЭВМ;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей ЭВМ);
- при прикосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением;
- при коротком замыкании в высоковольтных блоках: блоке питания и блоке дисплейной развертки.

Электрический ток, протекая через тело человека, производит термическое, электролитическое, биологическое, механическое действие. Поражение электрическим током организма человека носит название электротравмы.

Сила тока, протекающего через тело человека, является главным фактором, от которого зависит исход поражения: чем больше сила тока, тем опаснее последствия. Ток зависит от напряжения, под которым оказался пострадавший, и суммарного электрического сопротивления, в которое входит сопротивление тела человека. При расчетах сопротивление тела человека принимается равным 1000 Ом.

Принято различать три пороговых значения тока по степени воздействия на организм [29]:

1) Ощутимый ток 0,6...1,5 мА для переменного тока частоты 50 Гц и 5...7 мА для постоянного тока. Возникают малоболезненные раздражения, человек может самостоятельно освободиться от токоведущей части, оказавшейся под напряжением.

2) Неотпускающий ток 10...15 мА (50 Гц) и 50...70 мА (постоянный). Такой ток вызывает болезненные судорожные сокращения мышц рук при касании (захвате) ими токопроводящих частей. Человек не может самостоятельно разжать руку и освободиться от воздействия тока.

3) Фибрилляционный ток 100 мА (50 Гц) и 300 мА (постоянный) при продолжительности воздействия более 0,5 с. Происходит фибрилляция сердца, остановка дыхания.

Допустимым считается ток, при котором человек может самостоятельно освободиться от электрической цепи. Его величина зависит от времени прохождения тока через тело человека: при длительности воздействия тока промышленной частоты 50 Гц более 10 с допустимым значением является 2 мА, при 10 с и менее – 6 мА. Чем больше будет время воздействия тока, тем сильнее будет поражение и тем меньше вероятность восстановления жизненных функций организма [28].

Из возможных путей протекания тока через тело человека (голова – рука, голова – ноги, рука – рука, нога – рука, нога – нога и т. д.) наиболее опасным является тот, при котором поражается головной мозг, сердце и легкие.

Степень поражения зависит также от рода и частоты тока. Наиболее опасным при напряжениях до 500 В является переменный ток частотой от 20 до 1000 Гц. При высоких напряжениях становится опаснее термическое действие тока, а при низких напряжениях основную опасность представляет электрический удар. При увеличении частоты тока относительно этого диапазона опасность поражения уменьшается, а при частотах в 450...500 кГц переменный ток в отношении электрического удара не опасен, хотя сохраняется опасность ожогов. Это объясняется поверхностным эффектом: ток высокой частоты проходит по нечувствительной поверхности кожи. При напряжениях, больших 500 В, опасным становится постоянный ток [29].

Состояние окружающей среды (температура, влажность, наличие пыли, паров, кислот) влияет на сопротивление тела человека и сопротивление изоляции, что в конечном итоге определяет характер и последствия поражения электрическим током.

Мероприятия по обеспечению электробезопасности электроустановок выполняются в следующей последовательности:

1. Отключить напряжение с токоведущих частей, на которых или вблизи которых будет проводиться работа.
2. Принять меры по обеспечению невозможности подачи напряжения к месту работы.
3. Вывесить плакаты, указывающие место работы.
4. Заземлить корпуса всех установок через нулевой провод.
5. Покрыть металлические поверхности инструментов изоляцией.

#### **5.4 Экологическая безопасность**

В условиях повсеместного увеличения количества компьютерной техники нельзя не учитывать влияние компьютеров на окружающую среду. Возможность загрязнения окружающей среды существует при производстве и утилизации ПЭВМ и прочей оргтехники.

Производство компьютеров контролируется стандартом ТСО. Согласно ему, сертификат выдается, если параметры оборудования и технология его



производства соответствуют требованиям стандарта.

Ограничения на излучение от компьютерных мониторов и промышленной техники при их эксплуатации налагает стандарт MPR-II. Эргономичность и безопасность дисплеев регламентируется ТСО. Монитор, отвечающий этим требованиям, должен иметь низкий уровень электромагнитных излучений, обеспечивать автоматическое снижение электропотребления при долгом неиспользовании, отвечать европейским стандартам и электрической безопасности. Требования СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 касаются эксплуатации импортных ПЭВМ, используемых на производстве, в обучении.

Оргтехника списывается и утилизируется по специальной процедуре, предусмотренной законодательством, так как техника относится к опасным отходам. При производстве компьютеров и другой оргтехники применяются вещества, опасные для жизнедеятельности (свинец, мышьяк и др.). Неправильная утилизация техники наносит вред экологии и здоровью людей.

Кроме того, в состав оргтехники входят детали, содержащие цветной металл, а также определенное количество драгоценных металлов (золото, серебро, платина). Металл можно извлечь и использовать повторно.

Статья 8.2 Административного кодекса запрещает выбрасывать технику наряду с бытовым мусором. П.2 ст. 20 Федерального закона № 41 от 26 марта 1998 года обуславливает ненадлежащую утилизацию техники как нарушение Налогового кодекса РФ из-за содержания в ней ценных металлов, которые должны быть переработаны и направлены в фонд государства.

Специализированным предприятиям разрешено утилизировать технику при наличии соответствующей лицензии, согласно Постановлению Правительства РФ № 524 от 26 августа 2006 года.

Список техники, подлежащей обязательной утилизации ввиду потенциальной опасности, содержится в приказе Министерства природных ресурсов, а также в Постановлении Правительства РФ № 818. В него входят компьютеры; мониторы; люминесцентные лампы; медицинская техника;

бытовые приборы; аккумуляторы; сканеры; ксероксы; принтеры и картриджи для них и др. Нужно правильно утилизировать не только сами агрегаты, но и их лом, то есть даже отдельные части вышедшей из строя техники.

Первый этап утилизации производится силами организации с привлечением сертифицированных экспертов. Последующие этапы имеет право выполнять одна из специализированных фирм, зарегистрированных в Пробирной палате РФ. Список этапов утилизации, следующий:

1. Получение акта списания: экспертная оценка; определение остаточной стоимости списываемой техники; заключение о невозможности ее дальнейшего использования; оформление выбытия ОС.

2. Демонтаж оборудования с отделением содержащих драгоценные металлы частей: обязателен акт об изъятии комплектующих, на основании которого техника списывается с карточек учета; на его основании на каждую деталь заводится своя карточка учета (форма М-17), в которой указывается наименование лома (название узла), его общая масса и доля в ней драгметаллов каждого наименования.

3. Аффинаж – отделение драгоценных металлов от частей техники.

4. Оприходование полученных ценностей.

5. Передача драгметаллов в фонд государства.

Переработка промышленных отходов производится на специальных полигонах для централизованного сбора, обезвреживания и захоронения токсичных отходов промышленных предприятий.

## **5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией на рабочем месте инженера, занимающегося обработкой экспериментальных данных на ПЭВМ, является возникновение пожара.

Согласно [33] в зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной и взрывной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д. Так как помещение по степени пожаровзрывоопасности относится к категории В, т.е. к помещениям с

твердыми сгорающими веществами, необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий.

Возможные причины загорания:

- неисправность токоведущих частей установок;
- работа с открытой электроаппаратурой;
- короткие замыкания в блоке питания;
- несоблюдение правил пожарной безопасности;
- наличие горючих компонентов: документы, двери, столы, изоляция кабелей и т.п.

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на: организационные, технические, эксплуатационные и режимные.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий и территорий, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности, издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации.

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования.

К режимным мероприятиям относятся, установление правил организации работ, и соблюдение противопожарных мер. Для предупреждения возникновения пожара от коротких замыканий, перегрузок и т. д. необходимо соблюдение следующих правил пожарной безопасности:

- исключение образования горючей среды (герметизация оборудования, контроль воздушной среды, рабочая и аварийная вентиляция);
- применение при строительстве и отделке зданий негорюемых или трудно сгораемых материалов;
- правильная эксплуатация оборудования (правильное включение оборудования в сеть электрического питания, контроль нагрева оборудования);

- правильное содержание зданий и территорий (исключение образования источника воспламенения - предупреждение самовозгорания веществ, ограничение огневых работ);
- обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности;
- издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации;
- соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения;
- правильное размещение оборудования;
- своевременный профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

При возникновении аварийной ситуации необходимо:

1. Сообщить руководству (дежурному).
2. Позвонить в соответствующую аварийную службу или МЧС (112).
3. Принять меры по ликвидации аварии в соответствии с инструкцией.

### **Выводы по разделу «Социальная ответственность»**

Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, рассмотренные в данном разделе, необходимы к выполнению их решений, т.к. без этого функционирование организации, использующей данную разработку, будет невозможно с точки зрения охраны труда.

Определение и анализ вредных факторов производства позволяют предупредить производственный травматизм и улучшить условия труда, что в свою очередь способствует увеличению эффективности и качеству выполняемой работы.

В процессе работы с ПЭВМ есть вероятность поражения электрическим током, а также возникновения ЧС – пожара. В данном разделе были освещены основные правила электробезопасности, пожарной и взрывной безопасности.

Процесс утилизации ПЭВМ и периферийных устройств отличается от процесса утилизации бытовых отходов и является строго регламентированным.

Это связано с тем, что неправильная утилизация деталей ПЭВМ может нанести вред окружающей среде и здоровью людей. Необходимый порядок утилизации оргтехники также был описан в данном разделе.

## Заключение

В работе проведено изучение влияния природно-климатических условий на вертикальный коэффициент турбулентной диффузии. С этой целью выполнен ряд задач:

- 1) Изучена диффузионно-конвективная модель переноса загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы.
- 2) Сделан обзор литературы по методам определения вертикального коэффициента турбулентной диффузии.
- 3) Изучен метод оценки вертикального коэффициента турбулентной диффузии с помощью функции распределения загрязняющих веществ вдоль выбранного направления от точечного высотного источника.
- 4) Проведен регрессионный анализ результатов измерения концентраций химических элементов в образцах мхов-трансплантатов.
- 5) Проведен расчет и анализ вертикальных коэффициентов турбулентной диффузии.

При анализе результатов исследования сделаны следующие выводы:

- 1) Усредненные значения  $k_z$  возрастают с увеличением средней скорости ветра и степени неоднородности подстилающей поверхности.
- 2) Выявленные для длительных промежутков времени закономерности хорошо согласуются с результатами, полученным при малых периодах наблюдения.
- 3) Полученные средние значения вертикального коэффициента турбулентной диффузии могут быть использованы для изучения и прогнозирования пространственного распределения загрязняющих веществ на исследуемых территориях.

### Список использованных источников

1. Гусев Н. Г., Беляев В. А. Радиоактивные выбросы в биосфере: справочник – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1991. — 256 с.
2. Берлянд М. Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. - 448 с.
3. Берлянд М.Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. - 272 с.
4. Лайхтман Д.Л. Физика пограничного слоя атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 342 с.
5. П.А. Коузов, Л.Я. Скрябина. Методы определения физико-химических свойств промышленных пылей. Л.: Химия. 1983. – 131 с.
6. Панин Г.Н., Бернхофер Х., 2008, Параметризация поверхностных потоков над неоднородными ландшафтами Известия РАН, Физика атмосферы и океана, Т. 44, N. 6, 755-772.
7. Панин Г. Н., Бернхофер Х., 2008, Параметризация поверхностных потоков над неоднородными ландшафтами. Известия РАН, Физика атмосферы и океана, Т. 44, N. 6, 755-772.
8. Перегуд Е. А., Горелик Д. О. Инструментальные методы контроля загрязнения атмосферы. – СПб.: Химия, 1981. – 384 с.
9. В. Л. Истомин, К. П. Куценогий Методика определения аэродинамического диаметра аэрозольных частиц сложной геометрической формы в диапазоне чисел Рейнольдса от 0,1 до 6,0. Теплофизика и аэромеханика, 2010, том 17, № 1
10. Frontasyeva M. F., Steinnes E., Lyapunov S. M., Cherchintsev V. D., Smirnov L. I. Biomonitoring of heavy metal deposition in the South Ural region: some preliminary results obtained by nuclear and related techniques. J. Radioanal. Nucl. Chem., v. 245, № 2, (2000), 415-420.
11. Harmens H., David N. and participants of the moss survey. (2008): Spatial and Temporal Trends in Heavy Metal Accumulation in Europe (1990-2005). Bangor.

- Wales. Programme Coordination Centre for the ICP Vegetation. Centre for Ecology and Hydrology Centre for Ecology and Hydrology.
12. Coskun M., Cayir A., Coskun M., Kilic O. (2011): Heavy metal deposition in moss samples from east and south Marmara region, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 174 (1-4): 219-227.
  13. Stefan Nickel, Anne Hertel, Roland Pesch, Winfried Schröder, Eiliv Steinnes, Hilde Thelle Uggerud. Modelling and mapping spatio-temporal trends of heavy metal accumulation in moss and natural surface soil monitored 1990–2010 throughout Norway by multivariate generalized linear models and geostatistics: *Atmospheric Environment* 01/2014; 99:85–93.
  14. Shotbolt L., Büker P., Ashmore M. (2007): Reconstructing temporal trends in heavy metal deposition: Assessing the value of herbarium moss samples. *Environmental Pollution*, 147 (1-3): 120-130.
  15. Harmens, H., Norris, D.A., Koerber, G.R., Buse, A., Steinnes, E., Pisspanen, J., Alber, L., et al., 2010. Mosses as biomonitors of atmospheric heavy metal deposition: spatial patterns and temporal trends in Europe: *Environ. Pollut.* 158(2010), p.144-156.
  16. Hengl, T., Heuvelink, G.B.M., Stein, A., 2004. A generic framework for spatial prediction of soil variables based on regression-kriging. *Geoderma* 120 (1-2), p.75-93.
  17. Schroder, W., Holy, M., Pesch, R., Zechmeister, H., Harmens, H., Ilyin, I., 2011. Mapping atmospheric depositions of cadmium and lead in Germany based on EMEP deposition data and the European Moss Survey 2005. *Environ. Sci. Eur.* 23 (19), 1-14.
  18. Steinnes, E., Berg, T., Uggerud, H.T., 2011. Three decades of atmospheric metal deposition in Norway as evident from analysis of moss samples. *Sci. Total Environ.* 412-413, 351-358.
  19. Schroder, W., Pesch, R., Harmens, H., Fagerli, H., Ilyin, I., 2012. Does spatial-autocorrelation call for a revision of latest heavy metal and nitrogen deposition maps: *Environ. Sci. Eur.* 24 (20), 1-8.



20. Рыжакова Н. К., Борисенко А. Л., Меркулов В. Г., Рогова Н. С. Контроль состояния атмосферы с помощью мхов-биоиндикаторов // Оптика атмосферы и океана, 2009 – т. 22, – №1. – С. 101-104.
21. Н. К. Рыжакова, В. Ф. Рапута, Н. С. Рогова, А. Л. Борисенко, Е. А. Покровская. Пространственное распределение химических элементов атмосферных выбросов угольной ТЭЦ // Экология и промышленность России. – 2013 – №. 1. – С. 52-55.
22. Рогова Н. С., Рыжакова Н. К., Борисенко А. Л., Меркулов В. Г. Изучение аккумуляционных свойств мхов, используемых при мониторинге загрязнения атмосферы // Оптика атмосферы и океана. – 2011 – Т. 24 – №. 1. – С. 79-83.
23. Alvarez Montero, A., Estévez Alvarez, J. R., Iglesias Brito, H., Pérez Arriba, O., López Sánchez, D., Wolterbeek, H. T. 2006. Lichen based biomonitoring of air quality in Havana City west side. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. 270 (1): 63–67.
24. M. Viana, I. Rivas, X. Querol, A. Alastuey, M. Álvarez-Pedrerol, L. Bouso, C. Sioutas, J. Sunyer. Partitioning of trace elements and metals between quasi-ultrafine, accumulation and coarse aerosols in indoor and outdoor air in schools: Atmospheric Environment. Available online 15 July 2014.
25. Бояркина А. П., Васильев Н. В. Резчиков В. И., Шелудько С. И. Нейтронно-активационный анализ в контроле окружающей среды. – М.: Энергоатомиздат, 1983.
26. Алиев Г. М.-А. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов: Справ. изд., М.: Металлургия, 1986, 544 с.
27. Федеральный закон «Об основах охраны труда» от 17.07. 1999 г. № 181.
28. СанПиН 2.2.2./2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к ПЭВМ и нормативы».
29. ГОСТ Р 22.0.02–2016/ Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения [Текст]. – Взамен ГОСТ Р 22.0.02.–94; введ. 2016 – 09 –12. – М.: Стандартинформ, 2016. – 8 с

30. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 24.04.2020)
31. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений
32. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\* [Текст]: Введ. 2017-05-08. – М.: Стандартинформ, 2018. – 121 с.
33. Правила противопожарного режима в Российской Федерации (с изменениями на 23 апреля 2020 года)

## Приложение А

(обязательное)

Результаты измерения концентраций химических элементов НАА,  
накопленных в образцах мха, размещенных в зоне влияния Новосибирской  
ТЭЦ-5; период экспозиции – 2 месяца с 20.08.17 по 28.10.17

Химический элемент	Средние концентрации химических элементов для параллельных проб в точках размещения образцов мха, мкг/г									Фоновые концентрации химических элементов, мкг/г
	Номер точки пробоотбора									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	Расстояние от точечного источника загрязнения до точки пробоотбора, км									
	0,75	1,27	1,35	1,85	2,50	3,60	4,15	4,50	5,00	
As	0,52	-	2,26	0,33	0,26	-	0,78	-	0,95	1,53
Ba	199,4	111,01	124,9	152,56	122,65	231,63	155,28	305,86	168,2	226,5
Br	4,91	6,82	7,46	8,52	12,56	7,29	14,25	7,80	5,99	5,88
Ca	17328	17489	17776	15357	19154	16736	17952	20560	13551	12119
Ce	2,36	1,36	2,04	1,02	2,08	1,05	2,56	1,84	1,84	1,31
Co	1,03	0,66	0,67	0,43	0,93	0,72	0,90	1,17	1,23	0,92
Cr	5,13	3,19	4,87	2,13	5,05	2,72	5,95	3,75	4,48	3,33
Cs	0,35	0,22	0,25	0,68	0,75	0,36	0,77	0,22	0,18	0,24
Eu	0,14	0,02	0,10	0,05	0,08	0,04	0,13	0,03	0,16	0,06
Fe	922,6	1022,4	865,9	439,66	1189,44	504,86	1064,93	706,68	840	888,6
Hf	0,29	0,17	0,17	0,10	0,36	0,13	0,24	0,25	0,30	0,12
K	11598	310724	10106	3524	1586	52681	8651	376774	211426	10397
La	1,33	0,63	0,96	0,57	1,13	0,55	1,37	0,91	1,44	0,49
Lu	0,02	0,05	0,01	0,01	0,07	0,04	0,02	0,07	0,02	0,01
Mo	0,11	-	0,61	0,04	0,10	0,11	0,12	-	0,12	0,06
Na	282,3	683,5	331,6	678,36	742,64	934,11	344,76	2333,77	742,9	285,7
Nd	0,67	0,33	1,80	0,30	0,48	0,24	0,44	0,58	0,52	0,80
Rb	11,16	6,71	11,4	11,91	11,73	9,09	10,85	6,93	10,48	7,92
Sb	0,60	0,41	0,65	0,74	1,02	0,48	1,21	0,46	0,46	0,32
Sc	0,47	0,28	0,40	0,20	0,43	0,21	0,45	0,34	0,36	0,28
Sm	0,23	0,07	0,11	0,08	0,18	0,07	0,23	0,16	0,24	0,08
Sr	96	118,8	146,5	146,14	121,19	204,71	132,50	89,74	78,39	74,4
Ta	0,05	0,08	0,03	0,06	0,05	0,07	0,15	0,03	0,04	0,003
Tb	0,08	0,03	0,08	0,01	0,05	0,02	0,05	0,04	0,05	0,03
Th	0,35	0,24	0,28	0,20	0,31	0,16	0,46	0,30	0,30	0,23
U	0,44	0,35	0,33	0,23	0,63	0,40	0,16	0,58	0,33	0,10
Yb	0,06	0,06	0,10	0,04	0,13	0,04	0,05	0,09	0,06	0,05
Zn	127,2	146	176,04	119,7	215,8	170,1	123,1	161,5	167,6	118,6

## Приложение Б

(обязательное)

Результаты измерения концентраций химических элементов НАА,  
накопленных в образцах мха, размещенных в зоне влияния Новосибирской  
ТЭЦ-5; период экспозиции – 8 месяцев с 20.08.17 по 06.05.18

Химический элемент	Средние концентрации химических элементов для параллельных проб в точках размещения образцов мха, мкг/г									Фоновые концентрации химических элементов, мкг/г
	Номер точки пробоотбора									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	Расстояние от точечного источника загрязнения до точки пробоотбора, км									
	0,75	1,27	1,35	1,85	2,50	3,60	4,15	4,50	5,00	
As	1,58	-	3,20	0,41	12,32	8,08	-	6,80	7,90	1,53
Ba	262,85	99,92	216,69	223,2	157,55	252,11	117,59	251,35	281,9	226,54
Br	6,64	-	5,63	3,74	5,06	8,52	-	10,13	8,42	5,88
Ca	16706	29756	30682	29629	13586	37244	36937	18621	33890	12119
Ce	2.97	2.65	4.03	2.5	7.91	4.24	5.44	5.97	12.93	1,31
Co	1.73	1.08	1.54	1.47	1.27	1.32	2.00	1.95	2.86	0,92
Cr	10.38	5.15	5.93	5.22	8.267	6.18	10.44	12.89	14.99	3,33
Cs	0.33	0.12	0.29	0.26	0.61	0.60	0.34	0.28	0.75	0,24
Eu	1.32	0.08	0.08	1.18	0.09	0.05	0.14	0.10	0.18	0,06
Fe	2435	1164	1259	1243	2113	1256	2556	1823	3063	888,64
Hf	0.25	0.21	0.12	0.13	0.19	0.18	0.39	0.28	0.30	0,12
K	3926	-	2194	1809	-	30839	-	1374	-	10397
La	1.43	-	1.09	0.94	1.32	0.85	-	1.67	2.76	0,49
Lu	0.016	0.59	0.51	0.49	1.11	0.62	1.23	0.33	0.02	0,01
Mo	5.10	-	0.64	4.18	0.98	0.21	-	0.68	0.92	0,06
Na	209.28	-	353.27	101.07	391.45	228.33	-	686.19	823.3	285,73
Nd	4.24	-	0.65	2.46	1.31	1.23	-	1.74	1.84	0,80
Rb	7.87	5.71	9.75	6.64	13.59	9.53	11.56	8.14	11.67	7,92
Sb	2.98	0.42	1.06	1.30	1.69	1.37	0.65	0.96	1.61	0,32
Sc	1.045	0.51	0.48	0.491	0.85	0.57	1.02	0.78	1.34	0,28
Sm	1.26	-	0.19	0.30	0.20	0.05	-	0.13	0.25	0,08
Sr	2.44	-	82.45	1.841	71.97	75.16	-	89.19	73.49	74,39
Ta	1.28	-	0.04	0.54	0.12	0.01	-	0.13	0.40	0,003
Tb	0.11	0.065	0.060	0.065	0.068	0.060	0.135	0.070	0.162	0,03
Th	0.607	0.463	0.422	0.371	0.685	0.435	0.923	0.515	1.194	0,23
U	0.060	-	0.110	0.046	0.253	0.112	-	0.152	0.435	0,10
Yb	0.555	-	0.112	0.330	0.409	0.092	-	0.156	0.256	0,05
Zn	156.11	349.08	238.36	594.90	508.81	857.32	1143.09	162.90	278.9	118,58

## Приложение В

(обязательное)

Результаты измерения концентраций химических элементов НАА,  
накопленных в образцах мха, размещенных в зоне влияния Красноярского АЗ;  
период экспозиции – 2 месяца с 09.09.17 по 04.11.17

Химический элемент	Средние концентрации химических элементов для параллельных проб в точках размещения образцов мха, мкг/г							Фоновые концентрации химических элементов, мкг/г
	Номер точки пробоотбора							
	1	2	3	4	5	6	7	
	Расстояние от точечного источника загрязнения до точки пробоотбора, км							
	1,00	2,3	3,6	5,4	11,3	12,2	15,5	
As	2.22	1.42	-	2.82	1.15	-	0.73	1,53
Ba	255.60	119.67	231.25	326.93	118.39	207.49	240.42	226,54
Br	14.80	15.96	13.59	9.53	11.31	7.87	12.53	5,88
Ca	34658.58	40406.85	18337.97	20243.65	32953.67	14877.28	29950.85	12119
Ce	2.14	3.35	1.49	2.01	2.15	2.50	2.65	1,31
Co	1.51	2.11	1.02	1.01	1.13	1.32	1.61	0,92
Cr	13.74	16.56	4.04	4.27	10.09	5.15	8.53	3,33
Cs	0.88	0.46	0.22	0.20	0.48	0.24	0.43	0,24
Eu	0.04	0.04	0.06	0.07	0.03	0.03	0.05	0,06
Fe	632.83	1206.18	1037.01	993.22	1007.33	1679.21	637.88	888,64
Hf	0.39	0.49	0.17	0.14	0.38	0.32	0.47	0,12
K	14691.59	8554.03	412913.74	29600.26	6355.74	1093444	7038.03	10397
La	1.93	2.63	0.51	0.84	1.60	0.83	2.23	0,49
Lu	0.03	0.09	0.04	0.02	0.04	0.09	0.07	0,01
Mo	0.12	0.16	-	0.40	0.11	-	0.13	0,06
Na	1579.17	1255.94	1316.05	184.81	922.64	889.24	954.84	285,73
Nd	1.56	2.62	0.59	1.64	3.64	0.46	2.11	0,80
Rb	13.84	12.96	6.23	15.32	10.72	8.55	5.92	7,92
Sb	2.53	2.60	1.39	0.72	2.30	1.09	1.22	0,32
Sc	0.46	0.49	0.34	0.36	0.33	0.46	0.36	0,28
Sm	0.11	0.14	0.10	0.09	0.09	0.12	0.11	0,08
Sr	293.41	369.92	213.27	154.00	237.32	79.48	224.83	74,39
Ta	0.05	0.01	-	0.01	0.02	0.03	0.03	0,003
Tb	0.07	0.09	0.04	0.08	0.08	0.06	0.07	0,03
Th	0.61	0.80	0.25	0.25	0.62	0.39	0.54	0,23
U	0.30	0.40	0.40	0.20	0.39	0.34	0.21	0,10
Yb	0.16	0.21	0.06	0.06	0.15	0.09	0.18	0,05
Zn	161.75	139.02	120.64	145.96	108.91	149.54	135.74	118,58

## Приложение Г

(обязательное)

Результаты измерения концентраций химических элементов НАА,  
накопленных в образцах мха, размещенных в зоне влияния Красноярского АЗ;  
период экспозиции – 8 месяцев с 09.09.17 по 01.05.18

Химичес- кий элемент	Номер точки пробоотбора						Фоновые концентра- ции химических элементов, мкг/г
	1	2	3	4	5	6	
	Расстояние от точечного источника загрязнения до точки пробоотбора, км						
	1,00	2,3	3,6	5,4	11,3	12,2	
As	0.62	-	0.24	0.41	0.21	0.25	1,53
Ba	163.28	137.49	271.28	170.92	128.41	170.72	226,54
Br	2.69	-	2.16	2.45	0.74	3.90	5,88
Ca	20348.38	18043.45	22700.97	17504.66	9085.76	21029.97	12119
Ce	0.95	1.21	2.95	1.57	0.65	2.03	1,31
Co	1.21	0.87	1.46	1.25	0.65	0.96	0,92
Cr	5.76	2.98	6.99	4.92	2.61	6.27	3,33
Cs	0.16	0.23	0.28	0.25	0.34	0.18	0,24
Eu	0.48	0.05	1.43	0.77	0.48	1.15	0,06
Fe	1170.29	954.28	1759.54	1296.33	1091.76	1552.54	888,64
Hf	0.16	0.13	0.26	0.09	0.02	0.21	0,12
K	-	-	19136.65	-	973.69	-	10397
La	0.37	-	0.97	0.67	0.31	0.95	0,49
Lu	0.02	-	0.02	0.02	0.02	0.01	0,01
Mo	1.73	-	4.82	3.22	1.65	4.30	0,06
Na	122.75	-	-	29.94	37.21	12.69	285,73
Nd	3.51	-	2.37	4.60	2.89	3.74	0,80
Rb	10.73	0.51	16.59	3.39	3.40	4.95	7,92
Sb	1.42	0.43	0.75	0.41	0.49	0.63	0,32
Sc	0.47	0.38	0.76	0.64	0.20	0.64	0,28
Sm	0.43	-	0.85	1.10	0.64	0.89	0,08
Sr	0.04	-	1.72	0.41	0.92	1.28	74,39
Ta	0.34	-	0.94	0.89	0.27	0.74	0,003
Tb	0.03	0.01	0.06	0.07	0.02	0.08	0,03
Th	0.22	0.15	0.45	0.27	0.11	0.30	0,23
U	0.08	-	0.14	0.07	0.09	0.05	0,10
Yb	0.07	-	0.30	0.12	0.09	0.37	0,05
Zn	680.42	670.33	1150.02	967.70	534.07	806.70	118,58

## Приложение Д

(обязательное)

Результаты измерения концентраций химических элементов АЭС, накопленных  
в образцах мха, размещенных в зоне влияния Новосибирской ТЭЦ-5; период  
экспозиции – 2 месяца с 20.08.17 по 28.10.17

Химический элемент	Средние концентрации химических элементов для параллельных проб в точках размещения образцов мха, мкг/г									Фоновые концентрации химических элементов мкг/г
	Номер точки пробоотбора									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	Расстояние от точечного источника загрязнения до точки пробоотбора, км									
	0,75	1,27	1,35	1,85	2,50	3,60	4,15	4,50	5,00	
Ba	191.47	133.82	67.74	140.67	112.90	134.49	229.31	168.06	388.1	358
Ca	15418.49	17851.8	12520.3	14250.1	17997.8	15764	17263.7	12842.2	16316	14721.6
Fe	774.47	574.51	503.60	286.80	803.88	835.56	359.69	664.26	824	426.61
Mg	2520.58	2674.85	1780.08	2631.72	3076.49	2457.10	2814.89	2033.61	2355	1969.11
Mn	333.81	275.19	210.45	229.48	281.71	276.42	267.34	245.63	298.4	253.96
Si	10963.45	4754.09	4736.44	2892.71	7815.09	6111.43	3117.69	6461.08	8933	3561.78
Ti	146.42	69.44	104.04	53.88	109.62	106.57	51.80	90.08	106.3	66.4
Ag	0.04	0.04	0.04	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04	0.06	0.04
Al	979.69	457.82	704.06	329.27	686.58	649.82	373.25	649.19	671.6	464.62
Zr	1.47	0.66	1.04	0.51	0.95	1.01	0.59	1.26	1.42	1.06
Bi	3.43	1.96	3.12	1.76	2.77	3.82	2.28	3.58	3.90	3.71
B	201.70	183.23	177.92	106.13	137.71	164.32	168.88	147.52	174.6	163.88
Be	0.012	0.005	0.009	0.003	0.008	0.008	0.004	0.008	0.008	0.01
Sr	16.51	50.71	40.53	39.98	41.61	52.46	88.48	15.60	46.77	55.81
Co	0.63	0.23	0.33	0.14	0.24	0.68	0.19	0.36	0.32	0.32
Cr	1.17	0.29	1.05	0.15	1.14	1.71	0.35	0.81	0.83	0.52
Cu	2.77	2.34	2.87	1.86	3.18	3.35	2.06	3.78	2.29	1.77
Li	0.06	0.07	0.04	0.13	0.00	0.31	0.00	0.17	-	0.19
V	0.72	0.29	0.55	0.23	0.46	0.47	0.27	0.47	0.51	0.41
W	1.74	0.71	1.48	1.08	1.31	5.03	0.35	1.64	1.12	2.14
Zn	268.08	147.08	189.87	119.97	224.10	200.93	198.35	236.44	196.7	141.22
Pb	12.66	11.13	11.86	9.71	15.28	17.29	15.01	14.13	11.16	10.78
Sn	0.50	0.18	0.24	0.12	0.38	0.83	0.16	0.37	0.21	0.1

## Приложение Е

(обязательное)

Результаты измерения концентраций химических элементов АЭС, накопленных в образцах мха, размещенных в зоне влияния Новосибирской ТЭЦ-5; период экспозиции – 8 месяцев с 20.08.17 по 06.05.18

Химический элемент	Средние концентрации химических элементов для параллельных проб в точках размещения образцов мха, мкг/г									Фоновые концентрации химических элементов, мкг/г
	Номер точки пробоотбора									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	Расстояние от точечного источника загрязнения до точки пробоотбора, км									
	0,75	1,27	1,35	1,85	2,50	3,60	4,15	4,50	5,00	
Ba	267.78	140.98	202.93	267.91	144.51	208.41	293.61	141.32	270.5	358
Ca	19559.7	16708.4	17914	19219.6	18571	17078.5	19222.6	10019.5	14390	14721.6
Fe	2293.24	813.27	1062	846.24	1562.79	1942.04	725.94	878.08	1146	426.61
Mg	2812.30	2337.86	2417.7	2710.86	2307.29	2029.15	2603.07	831.64	1442	1969.11
Mn	390.09	262.93	280.08	355.56	325.02	384.08	352.46	315.99	322.6	253.96
Si	25831.1	8158.16	6402.6	8424.73	10174.2	20064.1	7034.1	12336	9447	3561.78
Ti	349.29	145.39	144.19	123.09	228.42	306.57	130.75	202.02	179.8	66.4
Ag	0.06	0.05	0.05	0.13	0.06	0.07	0.11	0.10	0.18	0.04
Al	1261.63	1003.8	997.8	970.7	1000.4	1808.1	840.5	2354.4	1405	464.62
Zr	1.61	1.13	1.23	2.04	1.50	2.78	1.73	4.60	2.37	1.06
Bi	3.06	3.91	3.00	7.20	3.57	6.45	5.40	7.66	5.24	3.71
B	140.76	368.47	275.89	287.20	195.07	234.69	297.35	193.29	119	163.88
Be	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.03	0.01	0.05	0.03	0.01
Sr	27.20	64.39	80.23	80.65	58.16	60.55	81.38	38.49	51.55	55.81
Co	0.80	0.50	0.63	0.49	0.48	1.15	0.50	1.74	1.05	0.32
Cr	2.11	1.77	1.42	1.92	2.66	3.93	1.75	4.81	2.41	0.52
Cu	4.68	115.80	53.32	112.35	58.77	143.20	58.04	11.07	54.52	1.77
Li	-	-	0.12	0.17	0.23	0.24	0.20	-	0.21	0.19
V	1.13	0.88	0.94	0.94	1.00	1.75	0.79	2.41	1.53	0.41
W	0.26	0.71	1.88	0.57	1.97	0.70	3.17	4.44	0.96	2.14
Zn	243.97	556.01	317.73	620.31	395.82	1189.14	622.21	464.23	706	141.22
Pb	9.93	17.87	17.40	12.92	14.70	22.29	14.41	22.07	14.74	10.78
Sn	1.24	5.81	2.10	2.34	2.83	7.91	3.09	1.64	4.88	0.1



## Приложение Ж

(обязательное)

Результаты измерения концентраций химических элементов АЭС, накопленных в образцах мха, размещенных в зоне влияния Красноярского АЗ; период экспозиции – 2 месяца с 09.09.17 по 04.11.17

Химический элемент	Средние концентрации химических элементов для параллельных проб в точках размещения образцов мха, мкг/г					Фоновые концентрации химических элементов, мкг/г
	Номер точки пробоотбора					
	3	4	7	5	6	
	Расстояние от точечного источника загрязнения до точки пробоотбора, км					
	3,6	5,4	11,3	12,2	15,5	
Ba	307.09	407.07	142.10	222.18	260.35	358
Ca	20907.24	18445.18	16824.17	18473.28	10078.23	14721.6
Fe	802.49	656.38	1230.19	1268.37	1012.00	426.61
Mg	3140.34	3140.52	2458.83	2692.57	1299.64	1969.11
Mn	298.90	311.29	250.76	352.39	164.43	253.96
Si	4833.33	4065.76	6826.33	11404.22	4976.08	3561.78
Ti	106.83	74.69	111.37	173.82	80.21	66.4
Ag	0.038	0.054	0.037	0.062	0.063	0.04
Al	765.02	698.82	980.04	876.40	844.17	464.62
Zr	0.87	1.21	1.21	1.79	1.54	1.06
Bi	3.53	2.90	2.21	5.21	3.70	3.71
B	200.74	279.96	233.26	144.99	157.85	163.88
Be	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Sr	52.06	85.07	81.78	43.72	48.91	55.81
Co	0.69	0.33	0.42	0.60	0.45	0.32
Cr	0.76	0.91	1.66	1.24	1.12	0.52
Cu	3.33	3.08	3.47	3.46	3.08	1.77
Li	-	0.219	0.54	-	0.596	0.19
V	0.46	0.57	0.71	0.58	0.68	0.41
W	2.37	0.01	0.02	1.72	1.09	2.14
Zn	162.19	181.12	202.19	221.14	223.85	141.22
Pb	21.24	10.30	18.71	12.84	14.33	10.78
Sn	0.278	0.131	0.351	0.192	0.195	0.1

## Приложение 3

(обязательное)

Результаты измерения концентраций химических элементов, накопленных в образцах мха, размещенных в зоне влияния Красноярского АЗ; период экспозиции – 8 месяцев с 09.09.17 по 01.05.18

Химичес- кий элемент	Номер точки пробоотбора						Фоновые концентра- ции химических элементов, мкг/г
	1	2	3	4	5	6	
	Расстояние от точечного источника загрязнения до точки пробоотбора, км						
	1,00	2,3	3,6	5,4	11,3	12,2	
Ba	140.41	394.49	254.56	226.86	124.75	237.23	358
Ca	15185.67	18937.92	16621.17	14977.76	14691.45	15045.98	14721.6
Fe	940.61	855.66	1344.00	781.90	816.67	1087.52	426.61
Mg	2515.00	3425.57	2635.56	2052.67	2406.59	2123.87	1969.11
Mn	362.58	388.37	369.43	313.51	226.57	275.42	253.96
Si	6341.35	9731.13	10878.77	6590.52	3481.88	11507.99	3561.78
Ti	107.61	120.26	181.51	85.07	62.09	148.03	66.4
Ag	0.04	0.04	0.08	0.06	0.05	0.06	0.04
Al	3647.80	1262.94	2168.19	1378.21	897.62	1360.98	464.62
Zr	0.81	0.71	1.67	1.21	0.79	2.04	1.06
Bi	3.69	3.34	5.54	4.99	3.41	4.75	3.71
B	305.29	323.68	351.06	285.43	374.71	241.02	163.88
Be	0.29	0.02	0.05	0.05	0.02	0.03	0.01
Sr	14.79	64.15	63.86	52.24	89.06	97.42	55.81
Co	0.47	0.35	1.09	0.68	0.47	1.12	0.32
Cr	0.74	0.93	1.96	1.18	1.02	2.59	0.52
Cu	115.00	108.94	149.81	103.86	84.41	63.80	1.77
Li	2.23	0.27	0.27	0.29	0.23	0.09	0.19
V	2.56	0.98	2.36	1.34	0.76	1.05	0.41
W	3.40	3.69	3.15	8.79	7.90	4.21	2.14
Zn	502.53	663.10	1101.55	987.84	765.14	711.73	141.22
Pb	16.59	14.35	24.68	12.51	15.23	14.65	10.78
Sn	8.47	2.85	11.07	10.03	5.37	7.49	0.1

## Приложение И

(обязательное)

Результаты измерения концентраций химических элементов, накопленных в образцах мха, размещенных в зоне влияния Красноярского АЗ; период экспозиции – 11 месяцев с 09.09.17 по 18.08.18

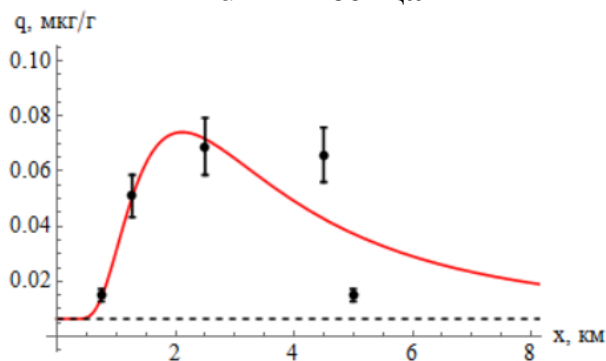
Химический элемент	Средние концентрации химических элементов для параллельных проб в точках размещения образцов мха, мкг/г							Фоновые концентрации химических элементов, мкг/г
	Номер точки пробоотбора							
	1	2	3	4	5	6	7	
	Расстояние от точечного источника загрязнения до точки пробоотбора, км							
	1,00	2,3	3,6	5,4	11,3	12,2	15,5	
Ba	226.81	182.62	255.37	251.52	238.99	303.71	204.63	358
Ca	19490.94	21617.42	18277.66	12840.58	14926.41	13816.25	12736.17	14721.6
Fe	2464.06	2262.42	3074.77	1869.95	2181.55	1309.82	1045.03	426.61
Mg	2798.59	2756.18	2736.67	1502.07	2156.41	1697.41	1757.42	1969.11
Mn	582.30	424.20	445.78	284.18	397.74	290.78	302.30	253.96
Si	12929.69	14581.03	22058.04	12660.42	17393.20	8415.18	10484.49	3561.78
Ti	250.75	233.78	425.37	269.57	288.81	109.36	141.96	66.4
Ag	0.06	0.07	0.06	0.06	0.11	0.09	0.06	0.04
Al	6529.25	2336.74	3165.78	2538.06	2018.17	1543.50	1370.47	464.62
Zr	1.72	2.10	2.62	5.43	2.61	2.54	1.93	1.06
Bi	5.75	5.26	5.69	4.52	5.78	5.93	4.35	3.71
B	173.59	260.90	250.86	180.98	217.57	225.09	184.61	163.88
Be	0.55	0.05	0.08	0.05	0.05	0.04	0.03	0.01
Sr	30.63	81.42	78.29	65.66	86.31	98.13	50.80	55.81
Co	1.33	1.00	1.51	1.44	1.30	1.32	0.76	0.32
Cr	1.49	2.81	3.03	3.35	2.87	2.32	1.92	0.52
Cu	194.50	141.21	158.16	143.65	93.28	93.29	99.43	1.77
Li	3.63	0.28	0.03	-	0.45	-	-	0.19
V	6.72	1.89	2.68	2.56	2.12	1.40	1.34	0.41
W	-	0.72	0.26	0.59	4.00	8.11	0.50	2.14
Zn	1063.89	952.87	1815.71	1285.66	1491.16	557.94	569.10	141.22
Pb	23.46	25.43	26.59	16.98	16.32	14.39	10.75	10.78
Sn	53.65	7.94	5.41	6.26	35.18	18.16	3.74	0.1

## Приложение К

(обязательное)

Пространственное распределение загрязняющих веществ во мхах-трансплантатах в зависимости от расстояния от ТЭЦ-5

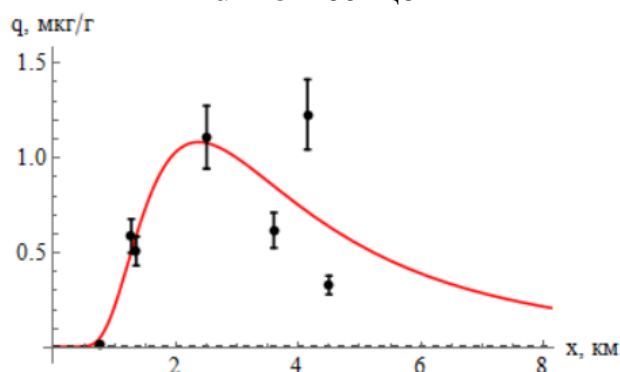
**Lu – 2 месяца**



$$q(x) = 8,49 * x^{2,76} \exp\left(-\frac{5,84}{x}\right) + 0,00635$$

$$R^2 = 0,91$$

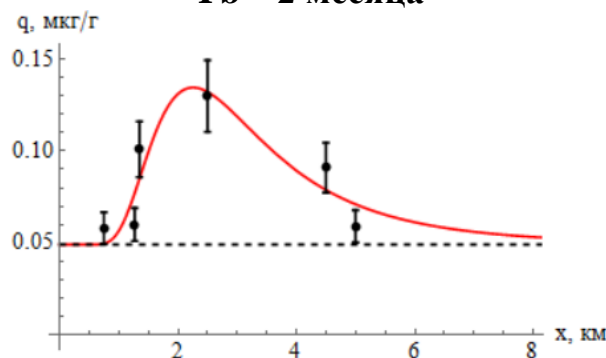
**Lu – 8 месяцев**



$$q(x) = 404,2 * x^{3,18} \exp\left(-\frac{7,54}{x}\right) + 0,00635$$

$$R^2 = 0,89$$

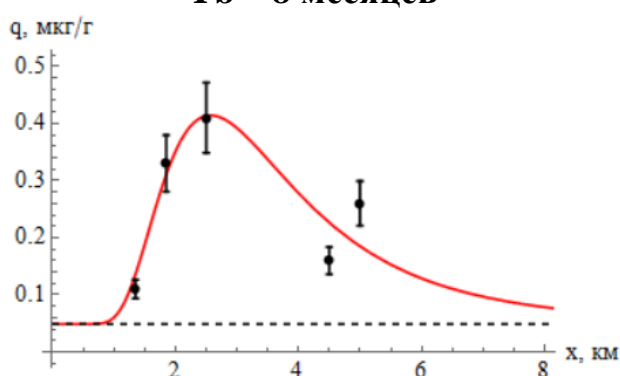
**Yb – 2 месяца**



$$q(x) = 1830 * x^{5,5} \exp\left(-\frac{12,4}{x}\right) + 0,049$$

$$R^2 = 0,98$$

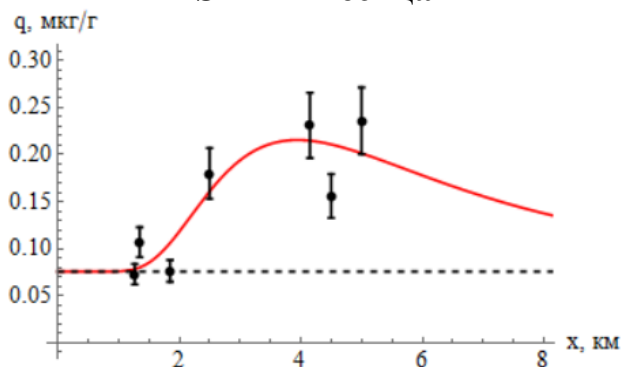
**Yb – 8 месяцев**



$$q(x) = 16300 * x^{5,51} \exp\left(-\frac{14,16}{x}\right) + 0,049$$

$$R^2 = 0,97$$

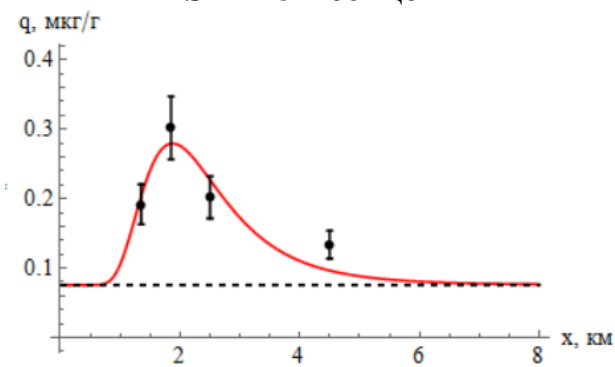
**Sm – 2 месяца**



$$q(x) = 2199 * x^{4,07} \exp\left(-\frac{16,07}{x}\right) + 0,0759$$

$$R^2 = 0,97$$

**Sm – 8 месяцев**

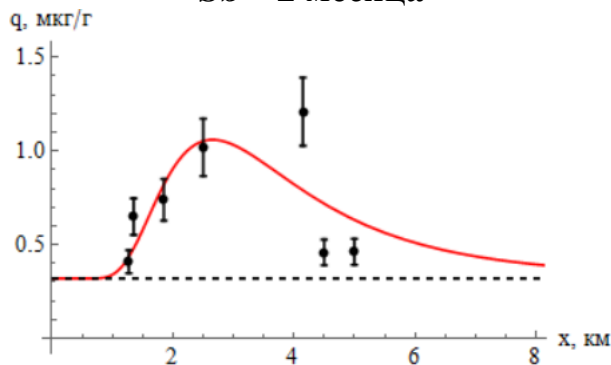


$$q(x) = 67363 * x^{7,81} \exp\left(-\frac{14,63}{x}\right) + 0,0759$$

$$R^2 = 0,99$$

## Продолжение Приложения К

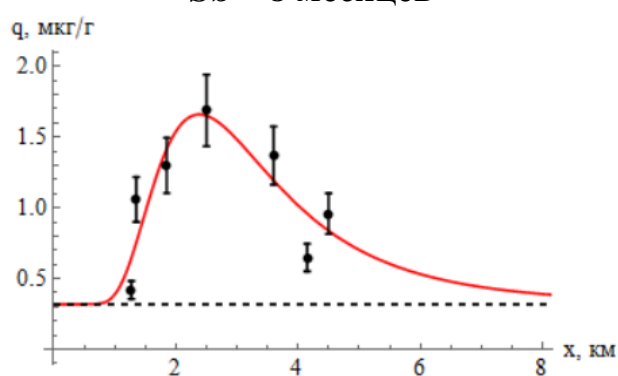
**Sb – 2 месяца**



$$q(x) = 24572 * x^{5,27} \exp\left(-\frac{13,99}{x}\right) + 0,32$$

$$R^2 = 0,92$$

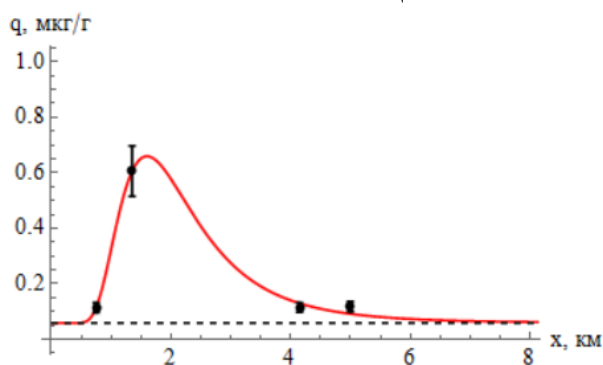
**Sb – 8 месяцев**



$$q(x) = 60875 * x^{5,74} \exp\left(-\frac{13,67}{x}\right) + 0,32$$

$$R^2 = 0,97$$

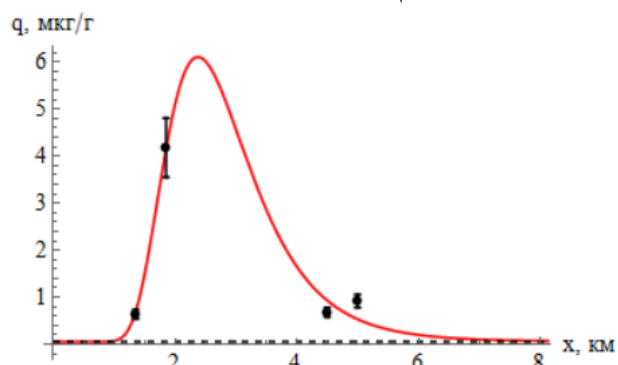
**Mo – 2 месяца**



$$q(x) = 1,39 * 10^{10} * x^{11,56} \exp\left(-\frac{27,44}{x}\right) + 0,0588$$

$$R^2 = 0,99$$

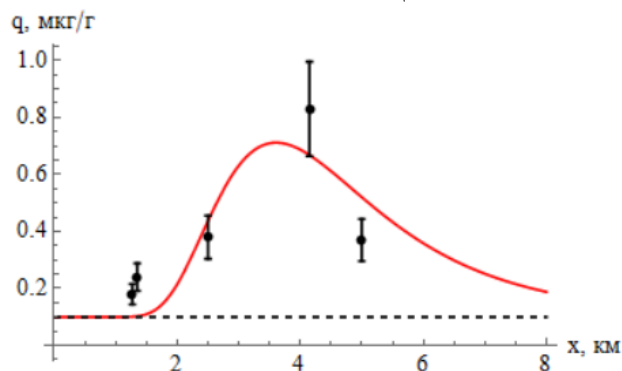
**Mo – 8 месяцев**



$$q(x) = 6161 * x^{6,29} \exp\left(-\frac{10,05}{x}\right) + 0,0588$$

$$R^2 = 0,99$$

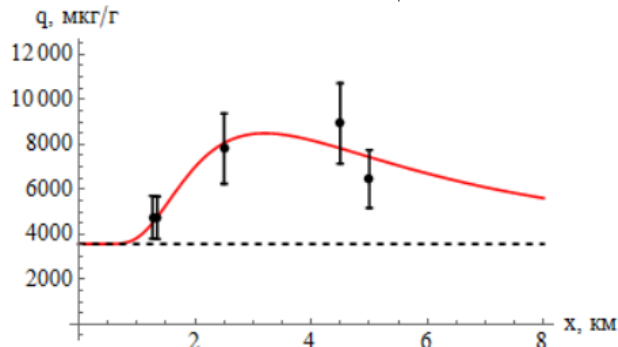
**Sn – 2 месяца**



$$q(x) = 3,45 * 10^7 * x^{7,82} \exp\left(-\frac{28,2}{x}\right) + 0,1$$

$$R^2 = 0,93$$

**Si – 2 месяца**

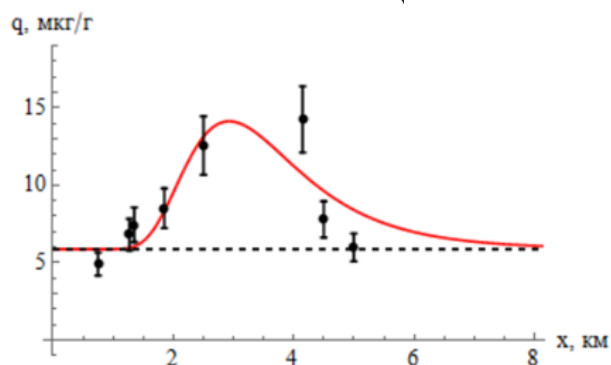


$$q(x) = 2,04 * 10^6 * x^{2,79} \exp\left(-\frac{8,91}{x}\right) + 3568$$

$$R^2 = 0,99$$

## Продолжение Приложения К

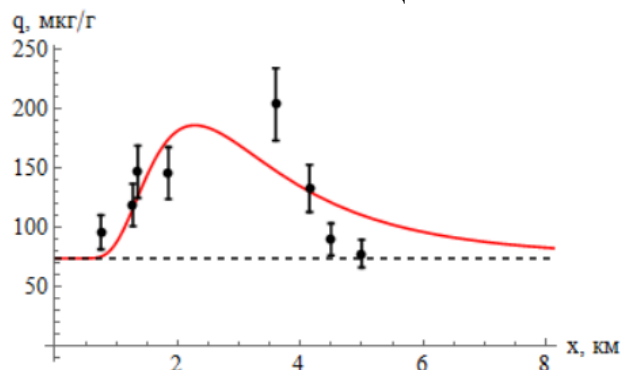
**Br – 2 месяца**



$$q(x) = 5,33 * 10^9 * x^{9,78} \exp\left(-\frac{28,64}{x}\right) + 5,88$$

$$R^2 = 0,96$$

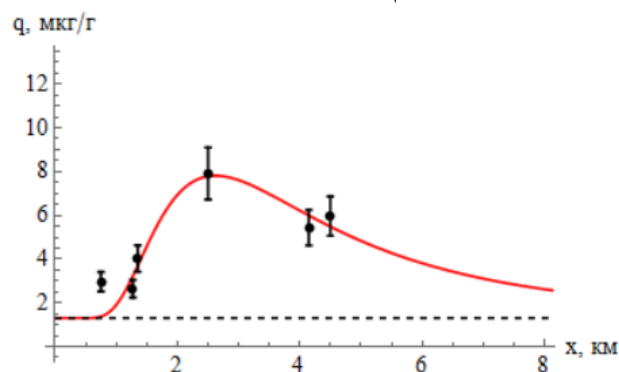
**Sr – 2 месяца**



$$q(x) = 558227 * x^{4,67} \exp\left(-\frac{10,64}{x}\right) + 74$$

$$R^2 = 0,95$$

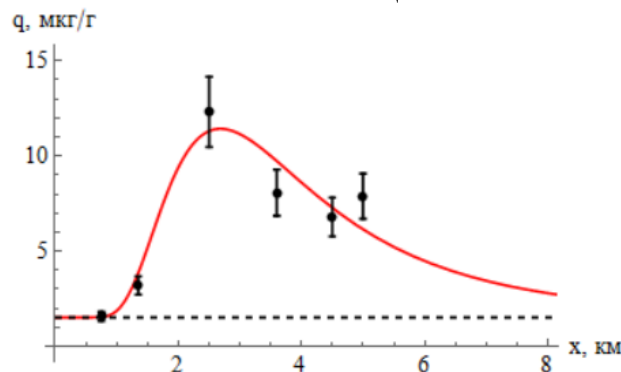
**Ce – 8 месяцев**



$$q(x) = 7586 * x^{3,6} \exp\left(-\frac{9,42}{x}\right) + 1,306$$

$$R^2 = 0,98$$

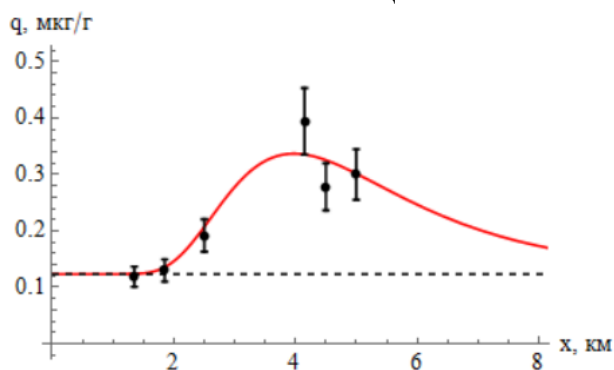
**As – 8 месяцев**



$$q(x) = 136699 * x^{4,80} \exp\left(-\frac{12,87}{x}\right) + 1,527$$

$$R^2 = 0,98$$

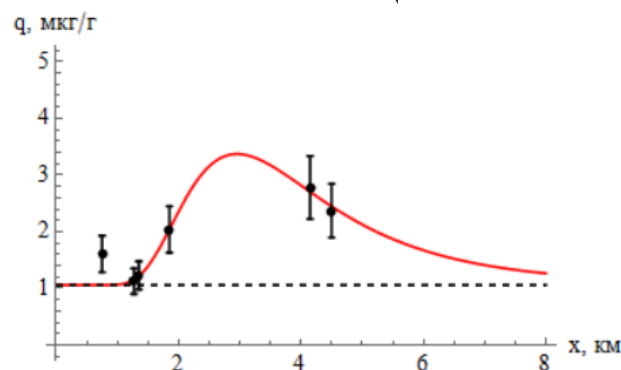
**Hf – 8 месяцев**



$$q(x) = 9,85 * 10^6 * x^{7,42} \exp\left(-\frac{29,47}{x}\right) + 0,124$$

$$R^2 = 0,98$$

**Zr – 8 месяцев**

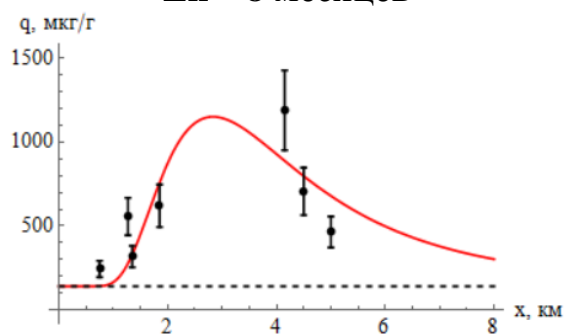


$$q(x) = 2,2 * 10^6 * x^{6,61} \exp\left(-\frac{19,52}{x}\right) + 1,06$$

$$R^2 = 0,99$$

## Продолжение Приложения К

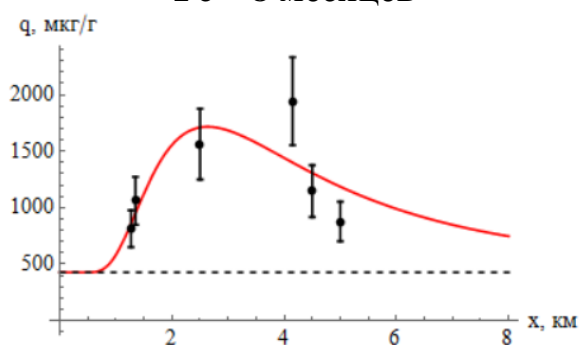
**Zn – 8 месяцев**



$$q(x) = 1,4 * 10^7 * x^{4,67} \exp\left(-\frac{13,24}{x}\right) + 141$$

$$R^2 = 0,92$$

**Fe – 8 месяцев**



$$q(x) = 655239 * x^{3,16} \exp\left(-\frac{8,34}{x}\right) + 427$$

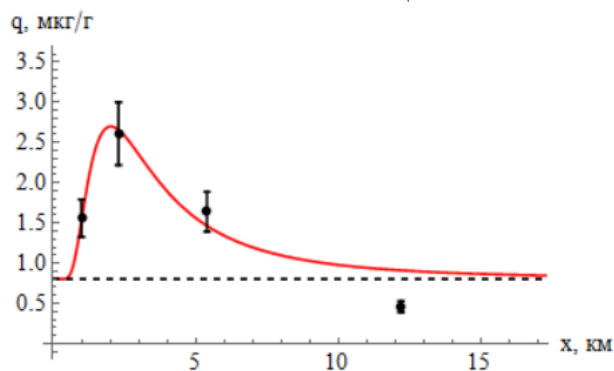
$$R^2 = 0,96$$

## Приложение Л

(обязательное)

Пространственное распределение загрязняющих веществ во мхах-трансплантатах в зависимости от расстояния от КраЗ

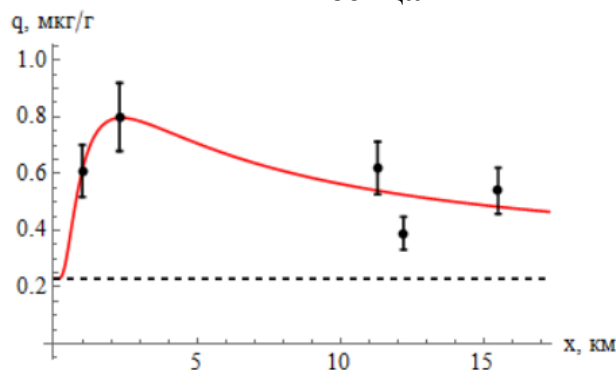
**Nd – 2 месяца**



$$q(x) = 306 * x^{2,98} \exp\left(-\frac{6,04}{x}\right) + 0,804$$

$$R^2 = 0,98$$

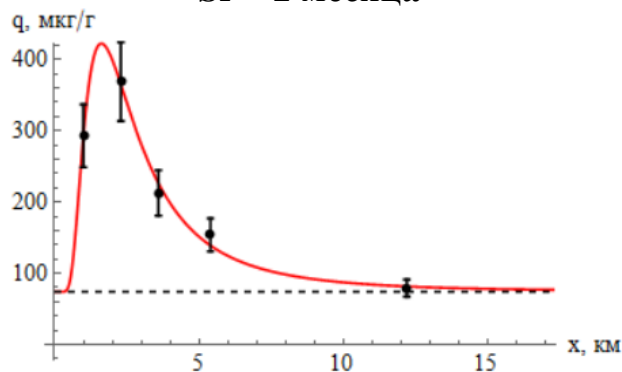
**Th – 2 месяца**



$$q(x) = 2,43 * x^{0,78} \exp\left(-\frac{1,85}{x}\right) + 0,23$$

$$R^2 = 0,98$$

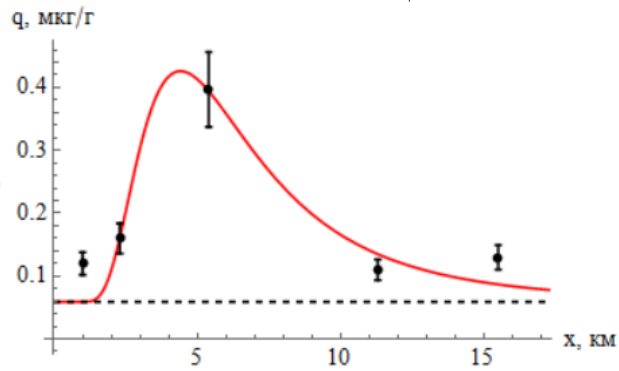
**Sr – 2 месяца**



$$q(x) = 49680 * x^{3,34} \exp\left(-\frac{5,42}{x}\right) + 74,39$$

$$R^2 = 0,99$$

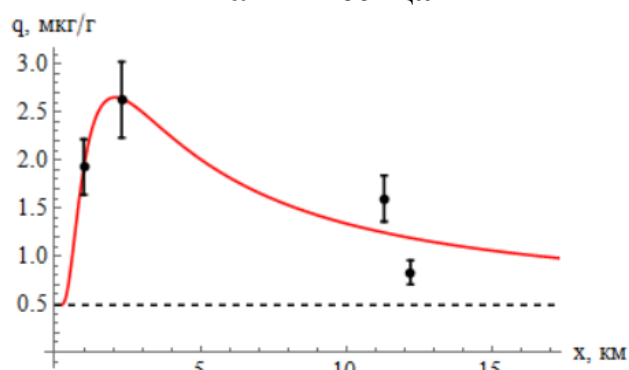
**Mo – 2 месяца**



$$q(x) = 51257,8 * x^{4,77} \exp\left(-\frac{21,05}{x}\right) + 0,059$$

$$R^2 = 0,97$$

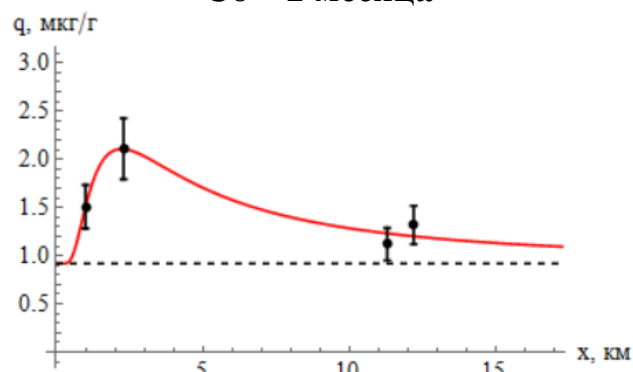
**La – 2 месяца**



$$q(x) = 17,11 * x^{1,2} \exp\left(-\frac{2,48}{x}\right) + 0,49$$

$$R^2 = 0,98$$

**Co – 2 месяца**



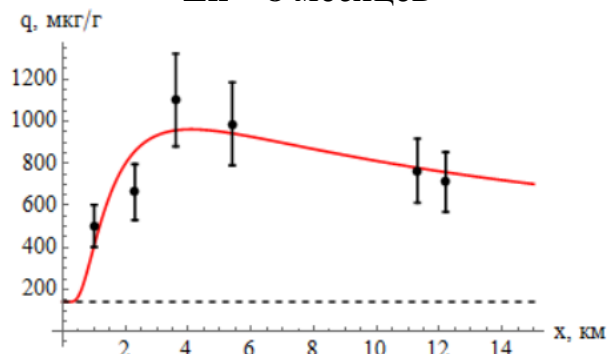
$$q(x) = 22,38 * x^{1,63} \exp\left(-\frac{3,63}{x}\right) + 0,92$$

$$R^2 = 0,99$$



## Продолжение Приложения Л

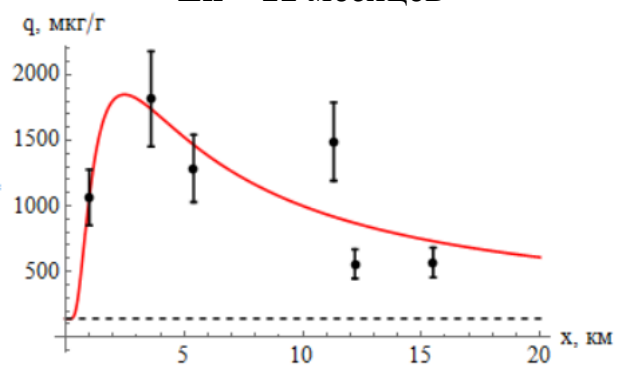
**Zn – 8 месяцев**



$$q(x) = 4081 * x^{0,67} \exp\left(-\frac{2,72}{x}\right) + 141$$

$$R^2 = 0,98$$

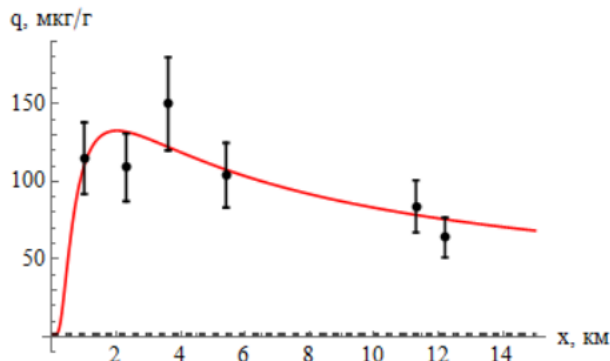
**Zn – 11 месяцев**



$$q(x) = 13160 * x^{1,07} \exp\left(-\frac{2,65}{x}\right) + 141$$

$$R^2 = 0,94$$

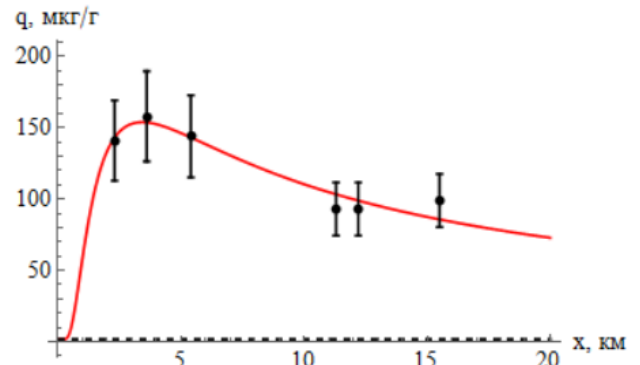
**Cu – 8 месяцев**



$$q(x) = 357 * x^{0,59} \exp\left(-\frac{1,19}{x}\right) + 1,8$$

$$R^2 = 0,98$$

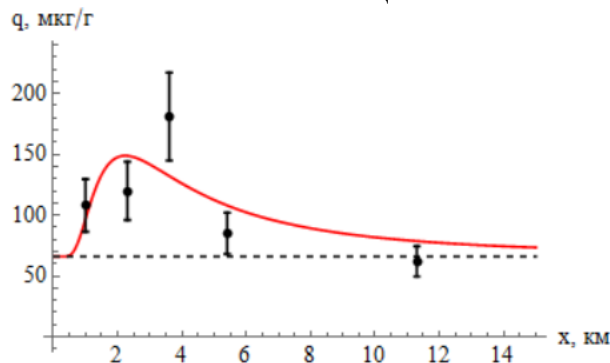
**Cu – 11 месяцев**



$$q(x) = 928 * x^{0,81} \exp\left(-\frac{2,77}{x}\right) + 1,8$$

$$R^2 = 0,99$$

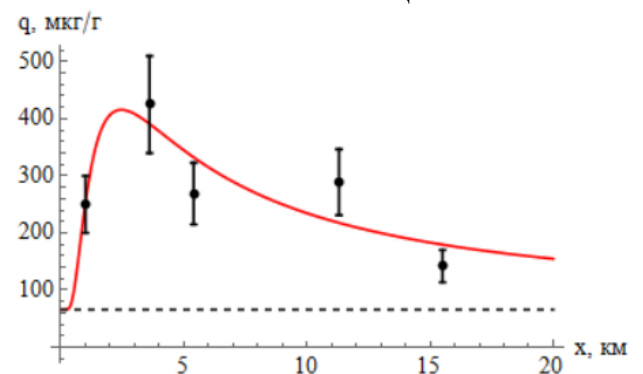
**Ti – 8 месяцев**



$$q(x) = 5136 * x^{2,29} \exp\left(-\frac{5,11}{x}\right) + 66$$

$$R^2 = 0,94$$

**Ti – 11 месяцев**

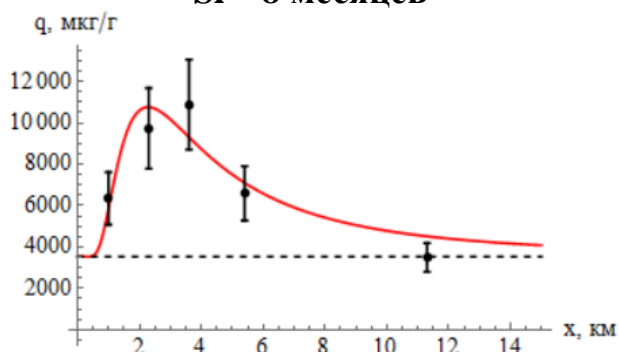


$$q(x) = 2938 * x^{1,12} \exp\left(-\frac{2,75}{x}\right) + 0,049$$

$$R^2 = 0,97$$

## Продолжение Приложения Л

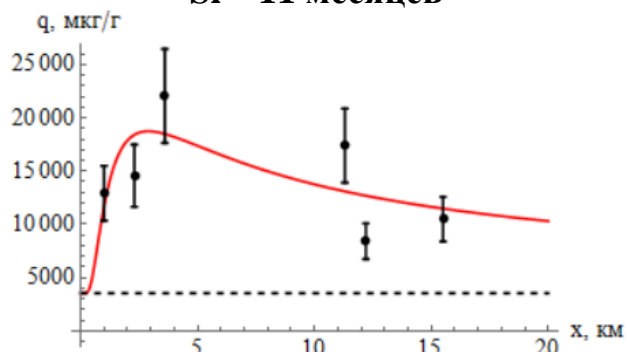
**Si – 8 месяцев**



$$q(x) = 665124 * x^{2,48} \exp\left(-\frac{5,65}{x}\right) + 3526$$

$$R^2 = 0,98$$

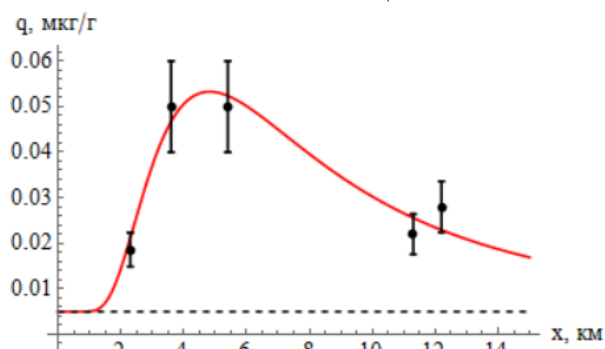
**Si – 11 месяцев**



$$q(x) = 71645 * x^{0,75} \exp\left(-\frac{2,17}{x}\right) + 3526$$

$$R^2 = 0,95$$

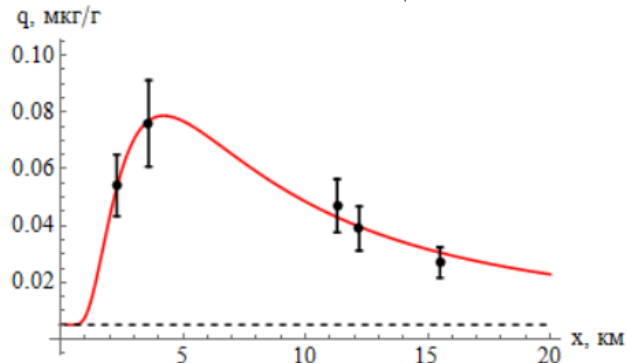
**Be – 8 месяцев**



$$q(x) = 129 * x^{3,07} \exp\left(-\frac{14,8}{x}\right) + 0,005$$

$$R^2 = 0,99$$

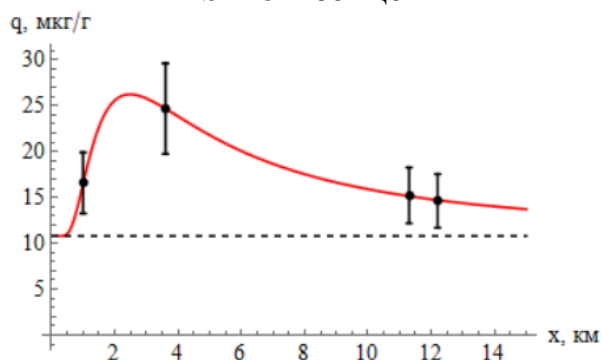
**Be – 11 месяцев**



$$q(x) = 6,67 * x^{1,85} \exp\left(-\frac{7,78}{x}\right) + 0,005$$

$$R^2 = 0,99$$

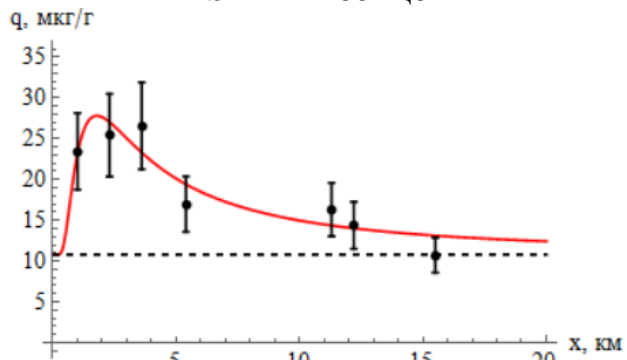
**Pb – 8 месяцев**



$$q(x) = 410 * x^{1,72} \exp\left(-\frac{4,26}{x}\right) + 10,8$$

$$R^2 = 0,98$$

**Pb – 11 месяцев**

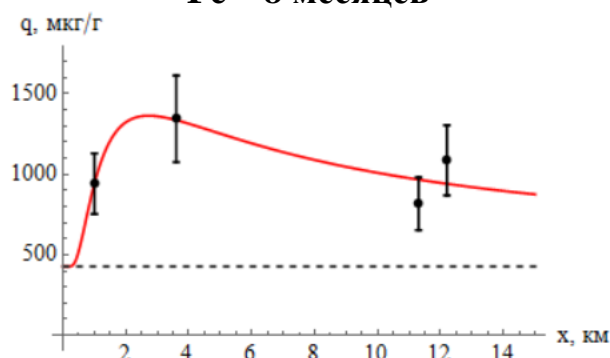


$$q(x) = 197 * x^{1,55} \exp\left(-\frac{2,77}{x}\right) + 10,8$$

$$R^2 = 0,99$$

## Продолжение Приложения Л

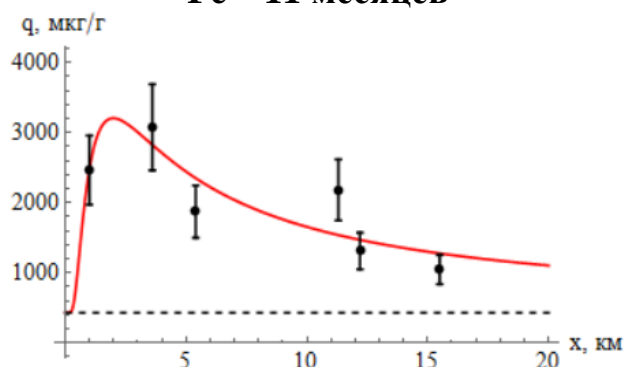
**Fe – 8 месяцев**



$$q(x) = 4920 * x^{0,83} \exp\left(-\frac{2,26}{x}\right) + 427$$

$$R^2 = 0,98$$

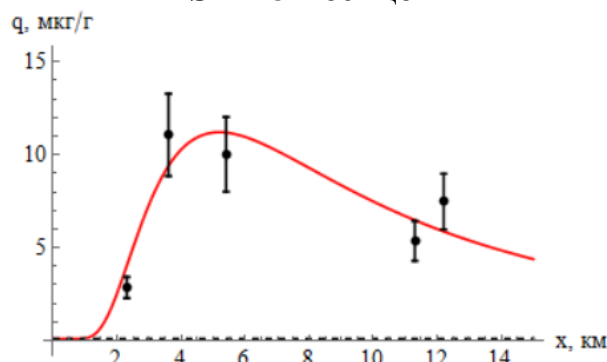
**Fe – 11 месяцев**



$$q(x) = 15087 * x^{1,0} \exp\left(-\frac{1,99}{x}\right) + 427$$

$$R^2 = 0,97$$

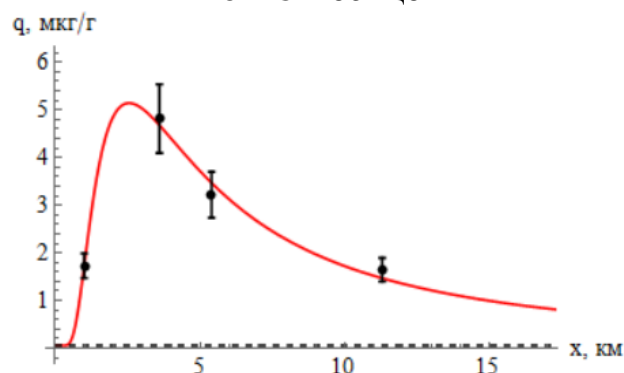
**Sn – 8 месяцев**



$$q(x) = 5455 * x^{2,34} \exp\left(-\frac{12,15}{x}\right) + 0,1$$

$$R^2 = 0,97$$

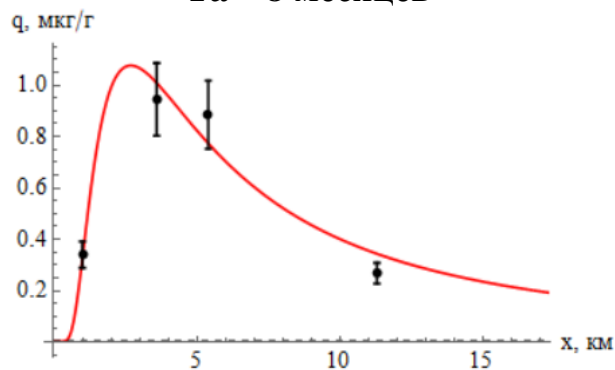
**Mo – 8 месяцев**



$$q(x) = 163,6 * x^{1,79} \exp\left(-\frac{4,57}{x}\right) + 0,059$$

$$R^2 = 0,99$$

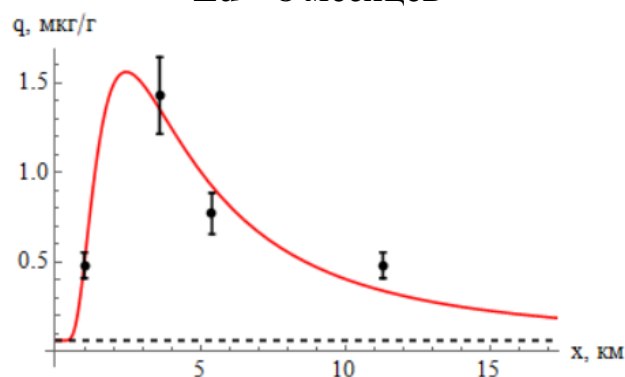
**Ta – 8 месяцев**



$$q(x) = 32,11 * x^{1,71} \exp\left(-\frac{4,6}{x}\right) + 0,003$$

$$R^2 = 0,99$$

**Eu – 8 месяцев**

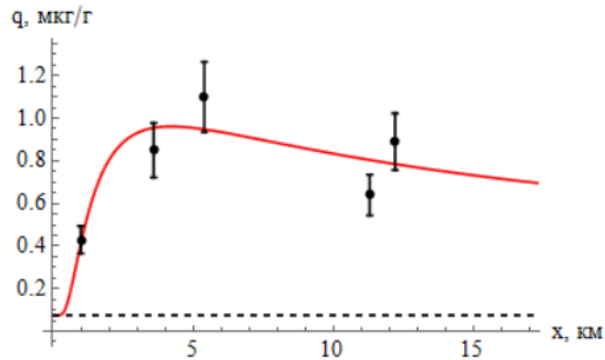


$$q(x) = 107,23 * x^{2,25} \exp\left(-\frac{5,51}{x}\right) + 0,06$$

$$R^2 = 0,98$$

## Продолжение Приложения Л

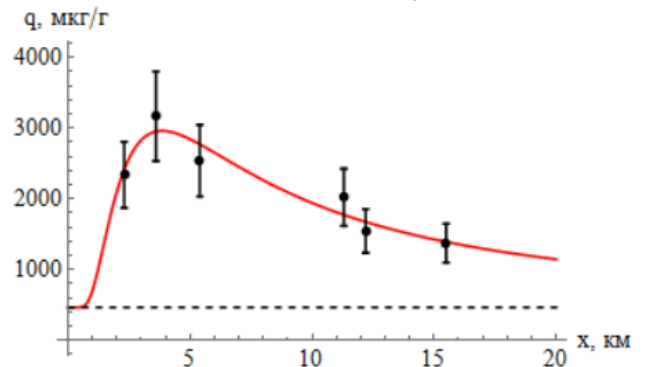
**Sm – 8 месяцев**



$$q(x) = 3,34 * x^{0,54} \exp\left(-\frac{2,29}{x}\right) + 0,076$$

$$R^2 = 0,98$$

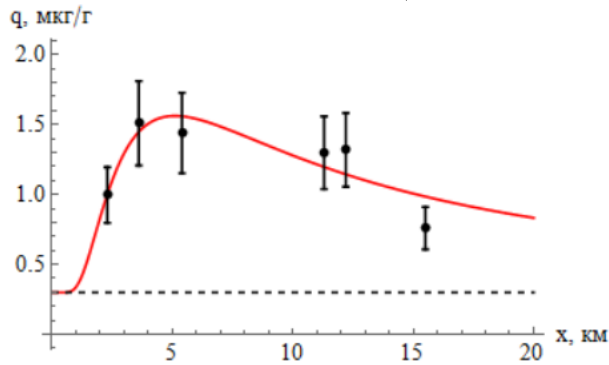
**Al – 11 месяцев**



$$q(x) = 16300 * x^{5,51} \exp\left(-\frac{14,16}{x}\right) + 0,049$$

$$R^2 = 0,97$$

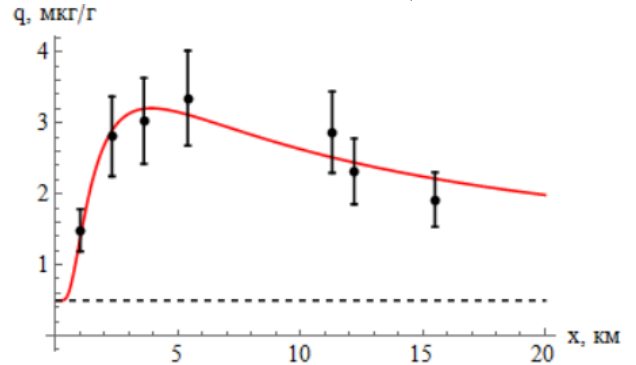
**Co – 11 месяцев**



$$q(x) = 48,4 * x^{1,39} \exp\left(-\frac{7,08}{x}\right) + 0,3$$

$$R^2 = 0,99$$

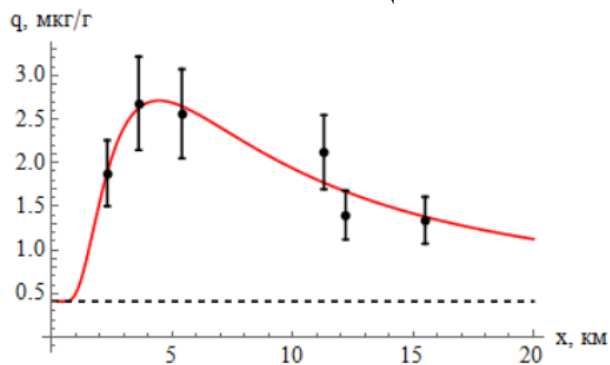
**Cr – 11 месяцев**



$$q(x) = 95207 * x^{1,55} \exp\left(-\frac{5,98}{x}\right) + 465$$

$$R^2 = 0,99$$

**V – 11 месяцев**



$$q(x) = 127 * x^{1,61} \exp\left(-\frac{7,14}{x}\right) + 0,41$$

$$R^2 = 0,99$$

## Приложение М

(обязательное)

Метеорологические данные по исследуемым территориям

КрАЗ (г. Красноярск)						
Период экспозиции 2 месяца (09.09.17-04.11.17)						
Скорость ветра, м/с		Кол-во дней, когда ветер дул в данном направлении		Кол-во порывов ветра		Средняя скорость порыва ветра, м/с
Направление		Направление		> 1 м/с	> 10 м/с	5,12
С	1	С	2	42	15	
СЗ	1,33	СЗ	3			
СВ	1	СВ	5			
В	1,8	В	5			
З	2,0	З	12			
Ю	1,6	Ю	6			
ЮЗ	2,59	ЮЗ	17			
ЮВ	1	ЮВ	3			
Период экспозиции 8 месяцев (09.09.17-01.05.18)						
Скорость ветра, м/с		Кол-во дней, когда ветер дул в данном направлении		Кол-во порывов ветра		Средняя скорость порыва ветра, м/с
Направление		Направление		> 1 м/с	> 10 м/с	6,26
С	1	С	7	142	89	
СЗ	1,43	СЗ	7			
СВ	1,17	СВ	12			
В	1,46	В	13			
З	2,47	З	59			
Ю	1,89	Ю	9			
ЮЗ	3,10	ЮЗ	81			
ЮВ	1	ЮВ	3			
Период экспозиции 11 месяцев (09.09.17-18.08.18)						
Скорость ветра, м/с		Кол-во дней, когда ветер дул в данном направлении		Кол-во порывов ветра		Средняя скорость порыва ветра, м/с
Направление		Направление		> 1 м/с	> 10 м/с	5,61
С	1	С	15	231	109	
СЗ	1,31	СЗ	13			
СВ	1,46	СВ	28			
В	1,83	В	36			
З	2,4	З	87			
Ю	2,23	Ю	13			
ЮЗ	3,05	ЮЗ	97			
ЮВ	1	ЮВ	6			

## Продолжение Приложения М

Угольная ТЭЦ-5 (г. Новосибирск)						
Период экспозиции 2 месяца (20.08.17-28.10.17)						
Скорость ветра, м/с		Кол-во дней, когда ветер дул в данном направлении		Кол-во порывов ветра		Средняя скорость порыва ветра, м/с
Направление		Направление		> 1 м/с	> 10 м/с	5,5
С	1,33	С	3	53	17	
СЗ	2	СЗ	17			
СВ	1	СВ	2			
В	1,77	В	13			
З	1,76	З	17			
Ю	1,5	Ю	2			
ЮЗ	2,08	ЮЗ	12			
ЮВ	1,67	ЮВ	3			
Период экспозиции 8 месяцев (20.08.17-06.05.18)						
Скорость ветра, м/с		Кол-во дней, когда ветер дул в данном направлении		Кол-во порывов ветра		Средняя скорость порыва ветра, м/с
Направление		Направление		> 1 м/с	> 10 м/с	5,02
С	1,38	С	13	142	90	
СЗ	2,13	СЗ	30			
СВ	1,14	СВ	7			
В	1,73	В	26			
З	2,14	З	49			
Ю	1,36	Ю	14			
ЮЗ	2,01	ЮЗ	92			
ЮВ	1,6	ЮВ	15			

## Продолжение Приложения М

КраЗ (г. Красноярск)								
Период экспозиции 2 месяца (09.09.17-04.11.17)								
Общее кол-во осадков, мм	Среднее кол-во осадков в день, мм	Осадки						
121,8	2,971		Дождь	Снег	Туман	Метель	Поземок	Гроза
		Кол-во дней / раз	32/94	20/67	4/8	-	-	3/4
		Кол-во осадков, мм	113,6	6,3	0	-	-	0
Период экспозиции 8 месяцев (09.09.17-01.05.18)								
Общее кол-во осадков, мм	Среднее кол-во осадков в день, мм	Осадки						
236	1,802		Дождь	Снег	Туман	Метель	Поземок	Гроза
		Кол-во дней / раз	37/110	127/571	4/8	15/25	21/33	-
		Кол-во осадков, мм	124,7	110,6	0	0	-	-
Период экспозиции 11 месяцев (09.09.17-18.08.18)								
Общее кол-во осадков, мм	Среднее кол-во осадков в день, мм	Осадки						
382,4	2,124		Дождь	Снег	Туман	Метель	Поземок	Гроза
		Кол-во дней / раз	84/223	135/594	4/8	15/25	21/33	18/37
		Кол-во осадков, мм	244,8	114,4	0,3	0	0	20,9

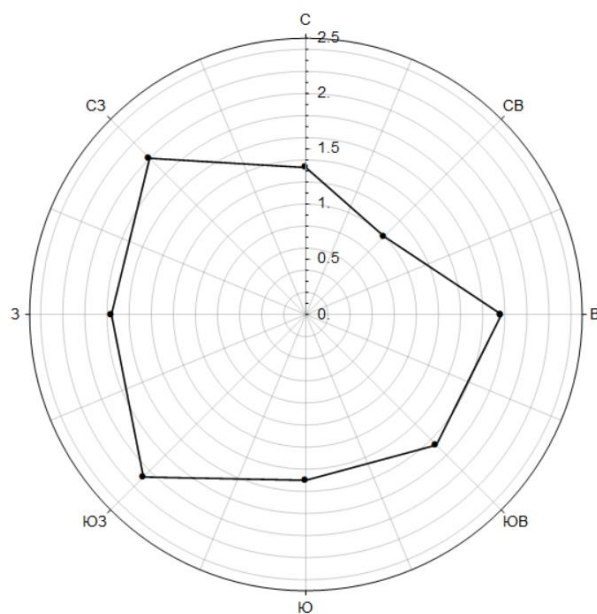
## Продолжение Приложения М

Угольная ТЭЦ-5 (г. Новосибирск)								
Период экспозиции 2 месяца (20.08.17-28.10.17)								
Общее кол-во осадков, мм	Среднее кол-во осадков в день, мм	Осадки						
80	2,47		Дождь	Снег	Туман	Метель	Поземок	Гроза
		Кол-во дней / раз	30/71	4/14	9/22	-	-	1/1
		Кол-во осадков, мм	77,7	2	0,3	-	-	0
Период экспозиции 8 месяцев (09.09.17-01.05.18)								
Общее кол-во осадков, мм	Среднее кол-во осадков в день, мм	Осадки						
243,2	2,21		Дождь	Снег	Туман	Метель	Поземок	Гроза
		Кол-во дней / раз	57/132	112/450	18/42	8/10	18/37	2/2
		Кол-во осадков, мм	148,4	97	0,3	0	0	0

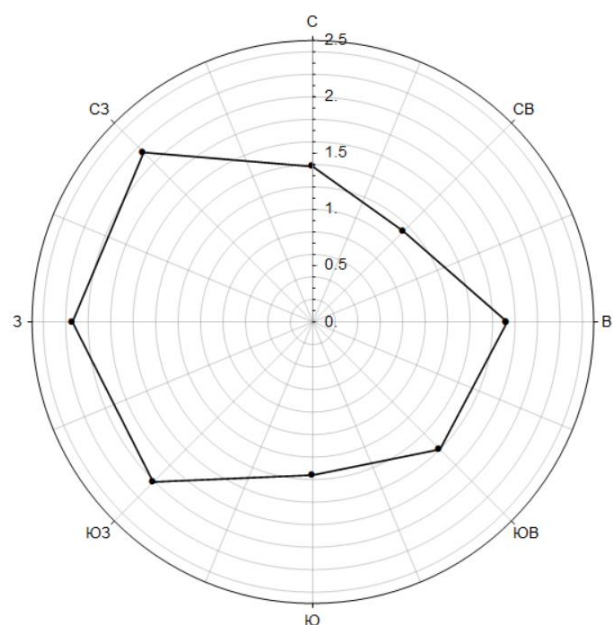


## Приложение Н

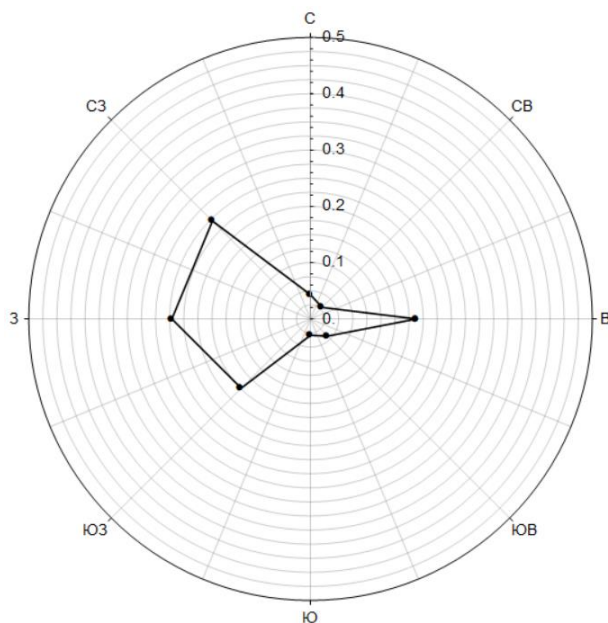
### Розы ветров, исследуемых территорий



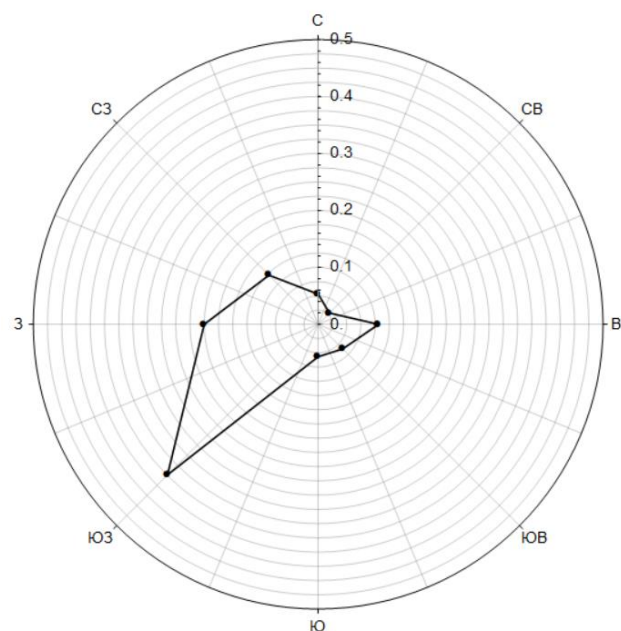
Роза ветров для г. Новосибирска  
(отображается скорость): период с 20.08.17  
по 28.10.17



Роза ветров для г. Новосибирска  
(отображается скорость): период с 20.08.17  
по 06.05.18

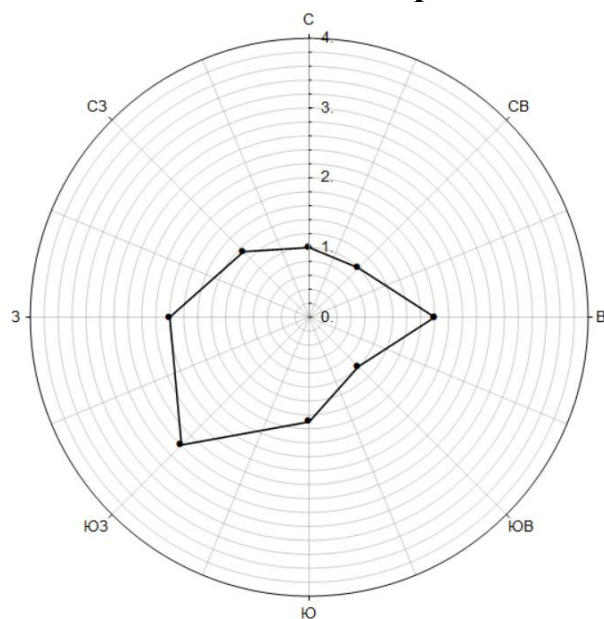


Роза ветров для г. Новосибирска  
(отображается вероятность): период с  
20.08.17 по 28.10.17

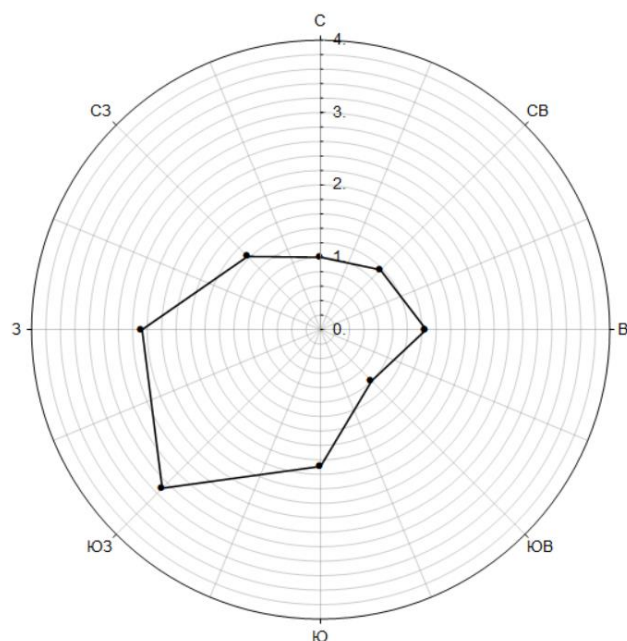


Роза ветров для г. Новосибирска  
(отображается вероятность): период с  
20.08.17 по 06.05.18

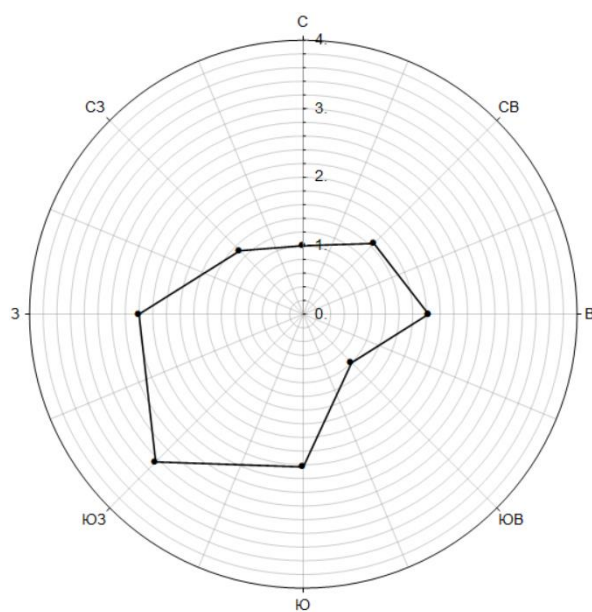
## Продолжение Приложения Н



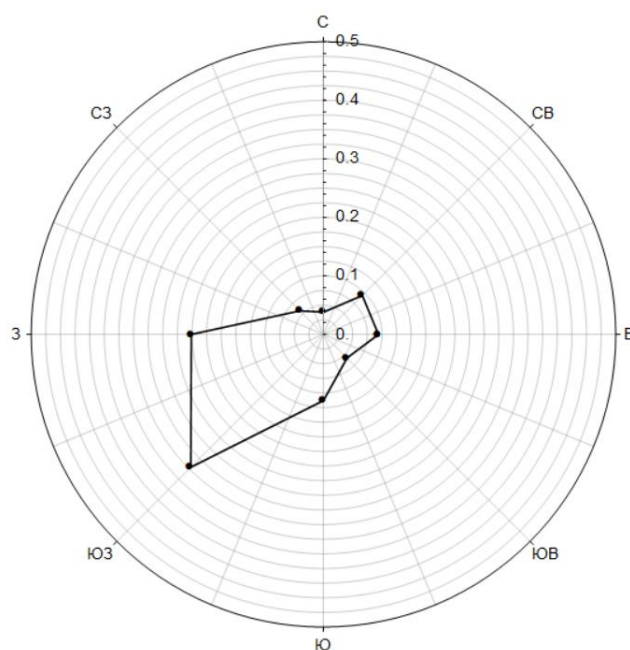
Роза ветров для г. Красноярск  
(отображается скорость): период с 09.09.17  
по 04.11.17



Роза ветров для г. Красноярск (отображается  
скорость): период с 09.09.17 по 01.05.18

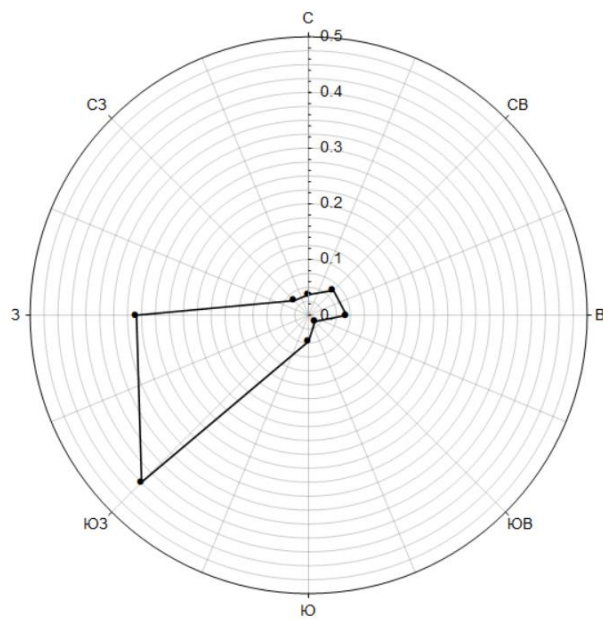


Роза ветров для г. Красноярск  
(отображается скорость): период с 09.09.17  
по 18.08.18

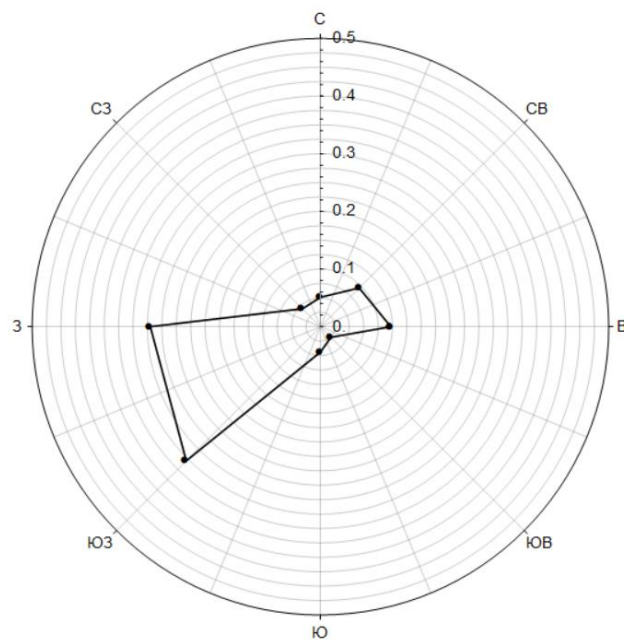


Роза ветров для г. Красноярск (отображается  
вероятность): период с 09.09.17 по 04.11.17

## Продолжение Приложения Н



Роза ветров для г. Красноярска  
(отображается вероятность): период с  
09.09.17 по 01.05.18



Роза ветров для г. Красноярска  
(отображается вероятность): период с  
09.09.17 по 18.08.18